



TESIS - RE142551

Konservasi Sumber Daya Air di DAS Anak Sungai Cidurian Bagian Hulu Dalam Rangka Pengurangan Debit Banjir di Sungai Cidurian

BAMBANG BODRO ISMOYO
3314 202 810

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



THESES - RE142551

Water Resource Conservation On Cidurian Upstream As Flood Reduction In Cidurian River

BAMBANG BODRO ISMOYO
3314 202 810

SUPERVISOR
Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D.

MASTER PROGRAM
DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017


Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Bambang Bodro Ismoyo
NRP. 3314 202 810

Tanggal Ujian : 09 Januari 2017
Periode Wisuda : Maret 2017

Disetujui Oleh :


1. Ir. Mas Agus Mardiyanto, ME., Ph.D.
NIP. 19620816 199003 1 004

(Pembimbing)


2. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningrocm, MSc.
NIP. 19550128 198503 2 001

(Penguji)


3. Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.
NIP. 19530502 198103 1 001

(Penguji)


4. Dr. Ali Masduki, S.T., MT.
NIP. 19680128 199403 1 003

(Penguji)

an. Direktur Program Pascasarjana
Asisten Direktur



Prof. Dr. Ir. Tri Wigjaya, M.Eng.
NIP. 19611021 198603 1 001

Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, MSc., Ph.D
NIP. 19601202 198701 1 001

KONSERVASI SUMBER DAYA AIR DI DAS ANAK SUNGAI CIDURIAN BAGIAN HULU DALAM RANGKA PENGURANGAN DEBIT BANJIR DI SUNGAI CIDURIAN

Nama Mahasiswa : Bambang Bodro Ismoyo
NRP : 3314 202 810
Pembimbing : Ir. Mas Agus Mardyanto ME., Ph.d.

ABSTRAK

Banjir menjadi fenomena alam yang terjadi di musim penghujan. Hampir seluruh wilayah di Indonesia tidak terlepas dari bencana banjir pada saat musim penghujan. Seperti halnya di wilayah Provinsi Banten, dimana hampir setiap tahun terjadi banjir dan genangan. Potensi banjir adalah di bagian hilir yaitu di Kabupaten Serang dan Kabupaten Tangerang. Banjir yang terjadi diakibatkan oleh meluapnya Sungai Cidurian. Meluapnya Sungai Cidurian ini memberikan dampak yang sangat merugikan bagi aktifitas masyarakat sekitar. Tidak sedikit desa dan Sarana prasarana infrastruktur di Kabupaten Serang dan Kabupaten Tangerang terganggu akibat banjir. Banjir terjadi mulai tahun 2010 sampai dengan sekarang. Berdasarkan data debit dari pos duga air Bendung Rancasumur, terjadi kenaikan debit mulai tahun 2010 sampai dengan sekarang. Peningkatan debit banjir terjadi akibat adanya perubahan kondisi tutupan lahan.

Untuk mengurangi besarnya debit banjir yang terjadi di sungai Cidurian, perlu adanya upaya untuk menahan laju aliran permukaan. Upaya yang dilakukan adalah dengan konservasi sumber daya air. Konservasi sumber daya air meliputi secara mekanis dan vegetatif. Secara mekanis adalah dengan pembuatan embung dan pemanenan air hujan. Sedangkan secara vegetatif adalah dengan reboisasi

Dari hasil analisa, pengurangan debit banjir yang dihasilkan dengan adanya konservasi di DAS anak Sungai Cidurian hulu adalah sebesar 39%. Dengan prosentase 23% dengan metode vegetatif dan 16% dengan metode mekanis.

Kata kunci : *Konservasi sumber daya air, debit banjir, sungai cidurian.*

WATER RESOURCES CONSERVATION ON CIDURIAN UPSTREAM AS FLOOD REDUCTION IN CIDURIAN RIVER

Name : Bambang Bodro Ismoyo
NRP : 3314 202 810
Supervisor : Ir. Mas Agus Mardiyanto ME., Ph.d.

ABSTRACT

Flood becomes nature phenomenon that happened in rainy season. Can be all regions in Indonesia are not got out of flood disaster when rainy monsoon. It's seemed in Province Banten region, where can be every year happened flood and pond. Flood Potency is in downstream part that is in Sub Province Serang and Sub Province Tangerang. Flood that happened resulted from forget it Cidurian River. Bubble up it this Cidurian River gives very detrimental impact for activities society about/around. A lot of countryside's and Infrastructure in Sub Province Serang and Sub Province Tangerang is bothered flood consequence. Flood is happening is starting in 2010 up to now. Base debit data from post anticipate water dam Rancasumur, is happening debit increase is starting in 2010 up to now. Improvement of flood debit happen consequence existence of condition change farm cover.

To lessen level of flood debit that happened in river Cidurian, must existence of effort to arrest/detain accelerate surface stream. Effort taken is with water resources conservation. Water resources Conservation covers in mechanical and vegetative. In mechanical is with making embung and rain cropping. Whereas in vegetative is with reforestation

From analysis result, reduction of flood debit that produced [by] with existence of conservation in DAS watercourse Cidurian pate; upstream is as high as 39%. With percentage of 23% with method vegetative and 16% with mechanical method.

Keyword : Water resources Conservation, flood debit, river cidurian.

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji milik Alloh SWT yang telah memberikan rahmat, karunia, hidayah dan ampunan kepada kita semua. Sholawat dan salam kita khususkan kepada Nabi Muhammad SAW. Penulis telah menyelesaikan Tesis yang berjudul: **“Konservasi Sumber Daya Air di DAS Anak Sungai Cidurian Bagian Hulu Dalam Rangka Pengurangan Debit Banjir Di Sungai Cidurian”**.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasi yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, membimbing, memberikan masukan dan nasehat.
 2. Bapak Dr. Ir. Mohammad Razif, MM., Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc., Bapak Dr. Ali Masduqi, ST., M.T. selaku dosen penguji yang telah membagikan ilmunya dalam menyempurnakan tesis ini.
 3. Para dosen pengajar, karyawan Program Studi Magister Teknik Sanitasi Lingkungan-ITS, yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan bantuan.
 4. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, yang telah memberikan beasiswa untuk mengikuti perkuliahan di Program Studi Magister Teknik Sanitasi Lingkungan, Program Pasca Sarjana (ITS).
 5. Istri dan anak tercinta yang selalu memberikan motivasi dan inspirasi dalam berkarya tanpa batas.
 6. Kedua orang tua yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan moril.
 7. Rekan-rekan MTSL 2015 yang telah berkontribusi dan membantu dalam terselesainya tesis ini.
 8. Rekan-rekan Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian Kementerian Pekerjaan Umum yang selalu membantu dalam penyediaan data.
- Semoga tesis ini bisa bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gambaran Umum Wilayah Studi	5
2.2 Permasalahan Banjir di Kabupaten Serang dan Kabupaten Tangerang	8
2.3 Kondisi Topografi	9
2.4 Survey tutupan lahan di wilayah studi saat ini	10
2.5 Kondisi Tata Guna Lahan	13
2.6 Perubahan Tata Guna Lahan	15
2.7 Daur Hidrologi	15
2.8 Konsep Konservasi Sumber Daya Air	17
2.8.1 Konservasi Metode Vegetatif	17
2.8.2 Konservasi Metode Mekanis	22
2.9 Studi Terdahulu	27
2.10 Limpasan (Run Off)	29
2.11 Curah hujan rerata daerah (Area Rainfall)	30
2.12 Analisis distribusi frekuensi	32
2.13 Analisis frekuensi dan probabilitas	33
2.13.1 Distribusi pearson type III	33

2.13.2 Distribusi log pearson type III	34
2.14 Uji Kecocokan	35
2.14.1 Uji Kecocokan Chi Kuadrat	35
2.14.2 Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorov	36
2.15 Estimasi Aliran Permukaan dengan Metode Hydograf Nakayasu	37
2.16 Penelusuran Banjir Lewat Waduk	40
2.17 Klasifikasi Tanah	41
2.17.1 Tekstur Tanah	41
2.17.2 Jenis Tanah	41
2.18 Analisa Aspek Lingkungan	46
2.19 Analisa Aspek Ekonomi	47
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	51
3.1. Pendekatan Penelitian	51
3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian	51
3.3. Pengumpulan Data	53
3.3.1. Data Primer	53
3.3.2. Data Sekunder	53
3.4. Analisa Aspek Teknis	55
3.5. Analisa Aspek Lingkungan	57
3.6. Analisa Aspek Ekonomi	57
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisa curah hujan	59
4.2 Perhitungan Curah Hujan Wilayah dengan metode Thiessen Polygon	63
4.3 Perhitungan Curah Hujan Rencana	66
4.3.1. Metode distribusi Log Pearson type III	66
4.3.2. Metode distribusi Pearson type III	67
4.4 Uji Keselarasan Distribusi	68
4.4.1. Uji Kecocokan Chi Kuadrat	68
4.4.2. Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorov	73

4.5	Analisa tutupan lahan dan topografi DAS di wilayah studi	74
4.5.1.	Analisa jenis tutupan lahan di DAS wilayah studi	74
4.5.2.	Topografi di DAS wilayah studi	78
4.6	Perhitungan Koefisien Pengaliran	79
4.7	Perhitungan Debit Banjir Rencana dengan metode Nakayasu	80
4.8	Aspek Teknis	96
4.8.1	Upaya pengurangan debit banjir dengan metode vegetatif	96
4.8.2	Upaya pengurangan debit banjir dengan pembuatan embung/situ (alternatif 1).	110
4.8.3	Upaya pengurangan debit banjir dengan pembuatan Gabungan Pemanenan Air Hujan (PAH) dan Sumur Resapan	114
4.9	Aspek Lingkungan	117
4.9.1	Vegetasi	117
4.9.2	Penambahan muka air tanah dengan adanya pembuatan Situ/Embung maupun Sumur Resapan	121
4.10	Aspek Ekonomi	122
BAB V	KESIMPULAN	131
	DAFTAR PUSTAKA	133
	LAMPIRAN GAMBAR	
	LAMPIRAN TABEL	

“ halaman ini sengaja dikosongkan ”

DAFTAR GAMBAR

		Hal.
Gambar 2.1	Pembagian Sub DAS Cidurian	5
Gambar 2.2	Peta Lokasi Wilayah Studi	6
Gambar 2.3	Peta Topografi Wilayah Studi	9
Gambar 2.4	Peta Kemiringan Wilayah Studi	9
Gambar 2.5	Bringin Putih/ <i>Ficus Benjamina Var Varigata</i>	19
Gambar 2.6	Bambu/ <i>Melocanna Bambusoides</i>	20
Gambar 2.7	Durian	21
Gambar 2.8	Embung	24
Gambar 2.9	Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan	25
Gambar 3.1	DAS Cidurian Bagian Hulu Bendung Rancasumur	52
Gambar 3.2	Bagan Alir Penelitian	54
Gambar 3.3	Bagan Alir Analisa Aspek Teknis	55
Gambar 3.4	Bagan Alir Analisa Aspek Lingkungan	57
Gambar 4.1	Uji Konsistensi Data Curah Hujan Pos Penakar Hujan Cikasungka	60
Gambar 4.2	Uji Konsistensi Data Curah Hujan Pos Penakar Hujan Toge	61
Gambar 4.3	Uji Konsistensi Data Curah Hujan Pos Penakar Hujan Cicinta	61
Gambar 4.4	Uji Konsistensi Data Curah Hujan Pos Penakar Hujan Cisalak Baru	62
Gambar 4.5	Uji Konsistensi Data Curah Hujan Pos Penakar Hujan Rancasumur	62
Gambar 4.6	Polygon Thiessen DAS Cidurian Bagian Hulu	64
Gambar 4.7	Web Online (www.gisconvert.com)	75
Gambar 4.8	Identifikasi permukiman	76

Gambar 4.9	Identifikasi Lahan Gundul/Tanah Terbuka pada hutan lahan kering sekunder.	76
Gambar 4.10	Identifikasi Lahan Gundul/Tanah Terbuka Pertanian Lahan Kering dan Pertanian Lahn Kering Campur Zona Hulu.	77
Gambar 4.11	Identifikasi Lahan Gundul/Tanah Terbuka Pertanian Lahan Kering dan Pertanian Lahn Kering Campur Zona Tengah	77
Gambar 4.12	Identifikasi Lahan Gundul/Tanah Terbuka Pertanian Lahan Kering dan Pertanian Lahn Kering Campur Zona Hilir	78
Gambar 4.13	Hasil pengurangan debit banjir dengan reboisasi dan tampungan	113
Gambar 4.14	Desain Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan.	116

DAFTAR TABEL

		Hal.
Tabel 2.1	Survey tutupan lahan	10
Tabel.2.2	Survey embung/situ	12
Tabel 2.3	Klasifikasi Tutupan Lahan	13
Tabel 2.4	Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan	31
Tabel.2.5	Tabel Koefisien Pengaliran	39
Tabel 2.6	Kelas Tekstur Tanah	41
Tabel 2.7	Jenis Tanah	42
Tabel 2.8	Kapasitas Simpanan Air Tersedia	47
Tabel 4.1	Tinggi Hujan Harian Maksimum	59
Tabel 4.2	Luas Daerah Pengaruh Thiessen Polygon	63
Tabel 4.3	Perhitungan Curah Hujan Wilayah metode Thiessen Polygon.	65
Tabel 4.4	Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Distribusi Log Pearson Type III	66
Tabel 4.5	Periode Ulang Hujan Metode Distribusi Log Pearson Type III	67
Tabel 4.6	Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Distribusi Pearson Type III	67
Tabel 4.7	Periode Ulang Hujan Metode Distribusi Pearson Type III	68
Tabel 4.8	Nilai Logaritma dari tinggi hujan rata-rata wilayah	69
Tabel 4.9	Perhitungan parameter x^2h untuk distribusi Log Pearson Type III	70
Tabel 4.10	Nilai dari tinggi hujan rata-rata wilayah	71
Tabel 4.11	Perhitungan parameter x^2h untuk distribusi Pearson Type III	72
Tabel 4.12	Uji keselarasan Smirnov-Kolmogorof untuk distribusi Log Pearson Type III	73

Tabel 4.13	Uji keselarasan Smirnov-Kolmogorof untuk distribusi Pearson Type III	74
Tabel 4.14	Jenis dan Luas Tutupan Lahan di DAS wilayah studi	75
Tabel 4.15	Luas Lahan Gundul/Tanah Terbuka di wilayah studi	78
Tabel 4.16	Tutupan lahan berdasarkan kemiringan	79
Tabel 4.17	Perhitungan koefisien pengaliran	80
Tabel 4.18	Persamaan Lengkung naik	82
Tabel 4.19	Persamaan Lengkung Turun 1	83
Tabel 4.20	Persamaan Lengkung Turun 2	84
Tabel 4.21	Persamaan Lengkung Turun 3	85
Tabel 4.22	Distribusi Curah Hujan PUH 2 tahun	87
Tabel 4.23	Distribusi Curah Hujan PUH 5 tahun	87
Tabel 4.24	Distribusi Curah Hujan PUH 10 tahun	88
Tabel 4.25	Distribusi Curah Hujan PUH 25 tahun	88
Tabel 4.26	Distribusi Curah Hujan PUH 50 tahun	88
Tabel 4.27	Distribusi Curah Hujan PUH 100 tahun	89
Tabel 4.28	Debit Banjir PUH 2 tahun	90
Tabel 4.29	Debit Banjir PUH 5 tahun	91
Tabel 4.30	Debit Banjir PUH 10 tahun	92
Tabel 4.31	Debit Banjir PUH 25 tahun	93
Tabel 4.32	Debit Banjir PUH 50 tahun	94
Tabel 4.33	Debit Banjir PUH 100 tahun	95
Tabel 4.34	Rekapitulasi debit banjir rencana hulu bendung rancasumur.	96
Tabel 4.35	Koefisien pengaliran setelah reboisasi	98
Tabel 4.36	Persamaan lengkung naik	100
Tabel 4.37	Persamaan Lengkung Turun 1	100
Tabel 4.38	Persamaan Lengkung Turun 2	101
Tabel 4.39	Persamaan Lengkung Turun 3	102

Tabel 4.40	Debit banjir setelah reboisasi PUH 2 tahun	104
Tabel 4.41	Debit banjir setelah reboisasi PUH 5 tahun	105
Tabel 4.42	Debit banjir setelah reboisasi PUH 10 tahun	106
Tabel 4.43	Debit banjir setelah reboisasi PUH 25 tahun	107
Tabel 4.44	Debit banjir setelah reboisasi PUH 50 tahun	108
Tabel 4.45	Debit banjir setelah reboisasi PUH 100 tahun	109
Tabel 4.46	Rekapitulasi debit banjir setelah reboisasi	110
Tabel 4.47	Rekapitulasi debit banjir sebelum dan setelah reboisasi	110
Tabel 4.48	Hubungan antara debit (Q5) dengan tampungan	111
Tabel 4.49	Perhitungan debit keluar (<i>outflow</i>) Q5 dari tampungan	112
Tabel 4.50	Rekapitulasi pengurangan debit banjir dengan tampungan	114
Tabel 4.51	Rekapitulasi pengurangan debit banjir dengan Gabungan Pemanenan Air Hujan (PAH) dan Sumur Resapan	115
Tabel 4.52	Simpanan Lengas Tanah	117
Tabel 4.53	Analisis Biaya Tanam Pohon Durian per Hektar	122
Tabel 4.54	Analisis Biaya Tanam Pohon Bambu per Hektar	123
Tabel 4.55	Analisis Biaya Tanam Pohon Bringin Putih per Hektar	123
Tabel 4.56	Analisis Biaya Tanam Porang per Hektar	123
Tabel 4.57	Rincian Biaya Penanaman dan Pembelian Bibit Tanaman Konservasi	124
Tabel 4.58	Rincian Biaya Pembuatan 1 buah situ/embung	124
Tabel 4.59	Rincian Biaya Pembuatan 1 buah Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan	125
Tabel 4.60	Rincian Biaya Konservasi Metode Vegetatif dan Metode Mekanik	125
Tabel 4.61	Biaya Investasi 1 Keramba	129

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Banjir menjadi fenomena alam yang terjadi hampir secara rutin setiap tahun. Hampir di seluruh kabupaten kota di Provinsi Banten terdapat titik-titik rawan bencana banjir. Bencana alam banjir dapat terjadi secara alami maupun diakibatkan oleh kesalahan manusia itu sendiri. Seperti penebangan hutan secara liar di bagian hulu daerah aliran sungai akan berdampak fatal bagi kelangsungan ekosistem dan lingkungan hutan dan akan berpengaruh terhadap peningkatan laju limpasan permukaan (*runoff*).

Berdasarkan pencatatan debit di Pos Duga Air Bendung Ranca Sumur, peningkatan debit maksimum di sungai Cidurian mencapai 600%. Hasil pencatatan debit menunjukkan bahwa debit maksimum sungai Cidurian dari tahun 2002 sampai dengan tahun 2009 sebesar 236,92 m³/dt. Sedangkan dari tahun 2010 sampai dengan sekarang meningkat menjadi 1.214,05 m³/dt. Trend hujan sepanjang tahun tidak menunjukkan adanya perubahan yang signifikan. Hal ini diperkirakan dampak adanya perubahan tutupan lahan yang ada di Daerah Aliran Sungai Cidurian.

Penutupan/penggunaan lahan di DAS Cidurian dan sekitarnya meliputi 12 tipe yaitu, hutan lahan sekunder, hutan tanaman, perkebunan, permukiman, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur, sawah, semak belukar, tambak, tanah terbuka, tubuh air dan bandara. Perubahan kondisi penutupan lahan yang mengalami perubahan adalah hutan tanaman, perkebunan, permukiman, semak belukar dan tanah terbuka. Berdasarkan hasil studi yang dilakukan oleh Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian tahun 2009, luas hutan tanaman mengalami penurunan sebesar 26% setelah tahun 2006. Luas perkebunan mengalami penurunan sebesar 9% setelah tahun 2003. Luas permukiman mengalami pertumbuhan pada tahun 2000 ke 2003 sebesar 16.7%, sedangkan tahun 2003 ke 2006

sebesar 22.1%. Pertanian lahan kering campur mengalami penurunan luas dari tahun 2000 sampai 2006 akan tetapi terjadi kenaikan pada tahun 2009.

1.2 Rumusan Masalah.

Besarnya debit banjir di sungai Cidurian sangat dipengaruhi oleh kondisi tutupan lahan di Anak Sungai Cidurian Bagian Hulu. Oleh karena itu perlu adanya upaya konservasi sumber daya air untuk mengurangi laju aliran permukaan pada tutupan lahan tersebut.

1.3 Tujuan.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan upaya Konservasi Sumber Daya Air pada tutupan lahan Anak Sungai Cidurian Bagian Hulu baik secara mekanis maupun secara vegetatif untuk mengurangi debit banjir di sungai Cidurian.

1.4 Manfaat.

Dengan berkurangnya aliran permukaan akibat konservasi sumber daya air tersebut akan berdampak pada kelangsungan ekosistem dan lingkungan hutan sekaligus dapat mencegah bencana bagi daerah hilirnya.

1.5 Ruang Lingkup.

1. Upaya konservasi sumber daya air untuk memperkecil debit banjir di Sungai Cidurian dengan metode Mekanis dan Vegetatif di DAS anak sungai Cidurian bagian hulu.
2. Untuk konservasi secara mekanis yaitu dengan pembuatan Situ/Embung maupun Gabungan Pemanenan Air Hujan sedangkan secara vegetatif adalah dengan kegiatan reboisasi menggunakan tanaman.
3. Kajian ini tidak membahas masalah erosi lahan.
4. Kajian ini hanya membahas analisa teknis, analisa lingkungan dan analisa ekonomi dalam upaya Konservasi Sumber Daya Air di DAS

Anak Sungai Cidurian Bagian Hulu Dalam Rangka Pengurangan Debit Banjir di Sungai Cidurian.

5. Analisa Aspek Teknis membahas pengurangan debit dengan vegetatif maupun mekanis.
6. Analisa Aspek Lingkungan membahas simpanan air yang tersedia oleh tanaman dan pengaruh muka air tanah akibat pembuatan situ/embung maupun gabungan pemanenan air hujan dan sumur resapan.
7. Analisa Aspek Ekonomi membahas *benefit cost analysis*.

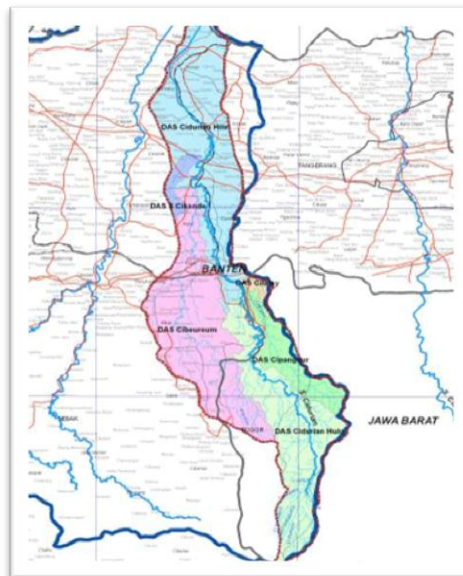
“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

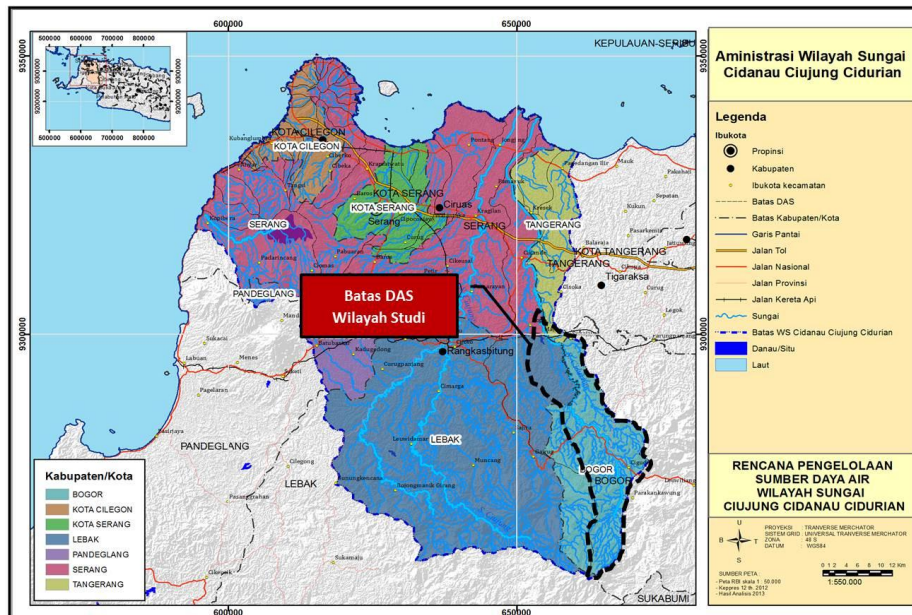
2.1 Gambaran Umum Wilayah Studi

DAS Cidurian terbagi menjadi 6 (enam) sub DAS, yaitu Sub DAS Cibeureum, Sub DAS Cipangaur, Sub DAS Cilalay, Sub DAS Cidurian Hulu, Sub DAS Cikande dan Sub DAS Cidurian Hilir. Luas masing-masing Sub DAS adalah 256.15 Km², 72.34 Km², 9.38 Km², 218 Km², 17.84 Km² dan 268.20 Km².



Gambar 2.1 Pembagian Sub DAS Cidurian (BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian, 2015).

Lokasi wilayah studi yang ditinjau berada di hulu bendung Ranca Sumur provinsi Banten dan Provinsi Jawa Barat. Lokasi wilayah studi merupakan gabungan dari beberapa Sub DAS Cidurian antara lain Sub DAS Cilalay, Sub DAS Cipangaur, Sub DAS Cidurian Hulu dan sebagian Sub DAS Cidurian Hilir. Luas keseluruhan DAS pada wilayah studi adalah 322,748 Km². Lokasi wilayah studi melintasi provinsi Banten (Kabupaten Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Lebak) dan provinsi Jawa Barat (Kabupaten Bogor).



Gambar 2.2 Peta Lokasi Wilayah Studi (BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian, 2015).

Secara geografis Kabupaten Serang terletak di posisi koordinat antara $105^{\circ}7'-105^{\circ}22'$ BT dan $5^{\circ}50'-6^{\circ}21'$ LS. Sebelah utara : berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah selatan : berbatasan dengan Kabupaten Lebak dan Kabupaten Pandeglang, sebelah barat : berbatasan dengan Kota Cilegon dan Selat Sunda, sebelah timur : berbatasan dengan Kabupaten Tangerang.

Kabupaten Tangerang terletak di bagian Timur Provinsi Banten pada koordinat $106^{\circ}20'-106^{\circ}44'$ Bujur Timur dan $5^{\circ}58'-6^{\circ}21'$ Lintang Selatan. Kabupaten Tangerang termasuk salah satu daerah yang menjadi bagian dari wilayah Propinsi Banten. Terletak pada posisi geografis cukup strategis dengan batas-batas. Sebelah utara : berbatasan dengan Laut Jawa (dengan garis pantai ± 51 Km), Sebelah timur : berbatasan dengan Kota Tangerang Selatan, Kota Tangerang dan DKI Jakarta, Sebelah selatan : berbatasan dengan Kabupaten Bogor (Provinsi Jawa Barat) dan Lebak, Sebelah barat : berbatasan dengan Kabupaten Serang dan Lebak

Kabupaten Lebak terletak di posisi koordinat antara $105^{\circ}25'-106^{\circ}30'$ BT dan $6^{\circ}18'-7^{\circ}00'$ LS. Sebelah utara : berbatasan dengan Kabupaten Serang dan Kabupaten Tangerang, sebelah selatan : berbatasan dengan Samudra Hindia,

sebelah barat : berbatasan dengan Kabupaten Pandeglang, sebelah timur : berbatasan dengan Kabupaten Bogor dan Kabupaten Sukabumi.

Kabupaten Bogor terletak di posisi koordinat antara $106^{\circ}23'$ - $107^{\circ}13'$ BT dan $6^{\circ}18'$ - $6^{\circ}47'$ LS. Sebelah utara : berbatasan dengan Kabupaten Tangerang dan Kab/Kota Bekasi, Kota Depok, sebelah selatan : berbatasan dengan Kabupaten Sukabumi dan Cianjur, sebelah barat : berbatasan dengan Kabupaten Lebak, sebelah Timur : berbatasan dengan Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Karawang.

Banjir yang cukup besar terjadi di kabupaten Serang dan Kabupaten Tangerang mulai tahun 2011 sampai sekarang lihat lampiran – 1 peta rawan banjir Cidanau-Ciujung-Cidurian. Di kabupaten Tangerang, banjir yang diakibatkan oleh meluapnya sungai Cidurian ini menggenangi 2 (dua) kecamatan yaitu kecamatan Kresek dan kecamatan Jayanti (Sumber: Laporan banjir BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian, tanggal 15 Januari 2012). Sungai Cidurian juga menggenangi beberapa daerah di Kabupaten Serang Kecamatan Cikande dan kecamatan Carenang (Sumber: Laporan banjir BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian, tanggal 15 Januari 2012). Luapan sungai Cidurian menggenangi 1950 rumah dengan ketinggian 0.5 - 1 meter. Lihat Lampiran - 2 Debit maksimum sungai Cidurian di Bendung Rancasumur (m^3/dt).

Permasalahan banjir yang terjadi di bagian hilir suatu daerah sangat dipengaruhi oleh kondisi tutupan lahan di bagian hulu daerah aliran sungai. Kondisi tutupan lahan suatu daerah akan menentukan besarnya limpasan (runoff) yang terjadi. Semakin besarnya limpasan permukaan akan berdampak pada besarnya debit sungai yang terjadi di bagian hilir pada saat hujan. Dinamika perubahan penggunaan lahan sering kali menyebabkan perubahan kualitas lahan termasuk sumber daya air dikarenakan ketidaksesuaian antara kemampuan lahan dan penggunaannya. Lihat pada Lampiran - 3 Peta Tutupan Lahan DAS Cidurian Tahun 2000, Lampiran - 4 Peta Tutupan Lahan DAS Cidurian Tahun 2003, Lampiran – 5 Peta Tutupan Lahan DAS Cidurian Tahun 2006 dan Lampiran – 6 Peta Tutupan Lahan DAS Cidurian Tahun 2009.

2.2 Permasalahan Banjir di Kabupaten Serang dan Kabupaten Tangerang.

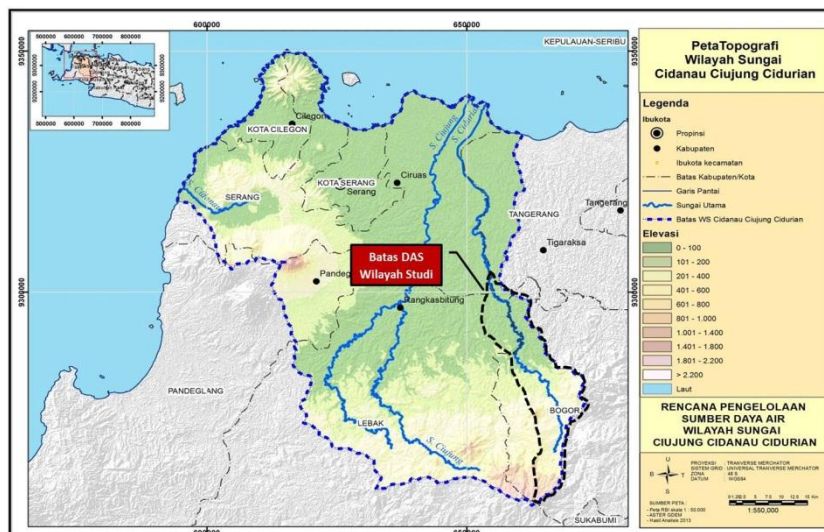
Berdasarkan hasil dari Studi Komprehensif Sistem Pengendalian Banjir Sungai Cidurian tahun 2013, banjir yang terjadi di DAS Cidurian disebabkan oleh :

1. Terjadinya perubahan tutupan lahan baik di daerah hulu sampai dengan hilir. Perubahan tutupan lahan diantaranya adalah penurunan fungsi hutan dan semakin berkembangnya permukiman yang membuat meningkatnya limpasan permukaan.
2. Intensitas hujan yang tinggi sehingga menimbulkan debit puncak yang besar dengan waktu yang relatif pendek.
3. Banjir yang terjadi diindikasikan adanya pengurangan kapasitas tampung sungai yang disebabkan oleh sedimentasi tinggi di badan sungai. Sedimentasi juga terjadi di bagian muara sungai akibat dari interaksi antara sedimen di sungai dan pasang surut air laut.
4. Degradasi hidrolika struktur bangunan di sungai atau *Local Scouring*.
5. Kondisi sistem drainase yang terbatas.
6. Perkembangan jumlah penduduk.

Perlu adanya upaya untuk meminimalisir banjir yang terjadi di Sungai Cidurian, terutama pada daerah terdampak yaitu kabupaten Serang dan Kabupaten Tangerang. Melalui kajian ini, upaya untuk mengurangi debit banjir yang terjadi adalah dengan konservasi sumber daya air di bagian hulu bendung rancasumur. Secara umum wilayah hulu DAS merupakan wilayah penyangga untuk kehidupan di wilayah tengah dan wilayah hilir. Kerusakan DAS di wilayah hulu akan berpengaruh secara nyata ke wilayah dibawahnya. Upaya pengurangan debit banjir yang dilakukan adalah dengan Metode Vegetatif, Embung/situ dan Pemanenan Air Hujan.

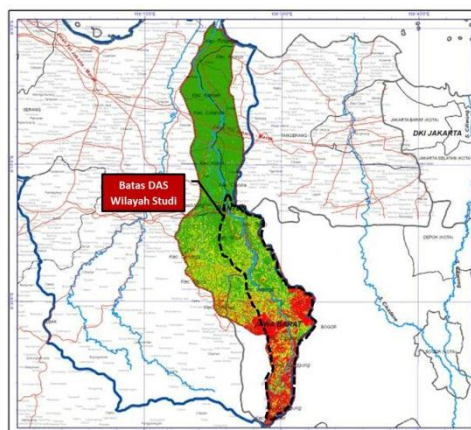
2.3 Kondisi Topografi

Ketinggian dan kemiringan lahan ini berdasarkan dokumen Pola Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian dari Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian. Ketinggian elevasi lahan di bagian hilir berkisar antara 101 sampai dengan 200 dpl. Di bagian tengah elevasi mencapai 201-600 dpl, sedangkan di bagian hulu elevasi mencapai 601 sampai dengan 1000 dpl.



Gambar 2.3 Peta Topografi Wilayah Studi (BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian, 2015).

Sedangkan dari kondisi kemiringan lereng di bagian hilir DAS kurang dari 8%. Di bagian tengah dan hulu DAS berkisar antara 8% sampai dengan 20%.










Gambar 2.4 Peta Kemiringan Wilayah Studi (BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian, 2013).

2.4 Survey tutupan lahan di wilayah studi saat ini.





Tutupan lahan berikut ini merupakan hasil survey di lapangan secara acak. Survey yang dilakukan meliputi jenis tanaman dan kondisi embung/situ yang ada di wilayah studi saat ini. Hasil survey akan disajikan dalam tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Survey Tutupan Lahan

No.	Koordinat	Dokumentasi
1.	0655391 LS, 9294883 BT	
2.	0656211 LS, 9292325 BT	
3.	0659015 LS, 9299445 BT	
4.	0659067 LS, 9245166 BT	

No.	Koordinat	Dokumentasi
5.	0660879 LS, 9291905 BT	
6.	0661509 LS, 9285859 BT	
8.	0661323 LS, 9282923 BT	

Tabel 2.2 Survey situ/embung.

No.	Koordinat	Dokumentasi
1.	<p>Situ Ciseungit</p> <p>0659729 9285372</p>	
2.	<p>Situ Cipayung</p> <p>0660971.96 9286406.27</p>	
3.	<p>Situ Cinyiru</p> <p>0665203 9284407</p>	
4.	<p>Situ Cigudeg</p> <p>0665994 9275369</p>	

(Sumber : hasil survey)

2.5 Kondisi Tata Guna Lahan.

Kondisi tutupan lahan untuk DAS Cidurian dirujuk dari hasil aktivitas pemantauan hutan yang dilakukan oleh Kementerian Kehutanan. Sejak 1990, pemantauan penutupan lahan seluruh Indonesia memanfaatkan citra satelit. Ketersediaan citra satelit dari berbagai sumber data yang ada memungkinkan untuk melakukan pemantauan penutupan hutan dengan menggunakan citra satelit resolusi rendah sampai resolusi tinggi. Pemantauan tutupan lahan melalui penafsiran citra satelit ini dilakukan untuk terus melihat perubahan penutupan lahan.

Kelas penutupan lahan yang menjadi acuan bagi semua institusi di bidang kehutanan di Indonesia digunakan untuk memudahkan komunikasi data, integrasi data, serta konsistensi informasi penutupan lahan.

Berikut ini kelas penutupan lahan yang ada di DAS Cidurian berdasarkan hasil pemantauan hutan yang bersumber dari Kementerian Kehutanan.

Tabel 2.3 Klasifikasi Tutupan Lahan

Kode	Jenis Tutupan Lahan	Keterangan
2001	Hutan lahan kering primer	Seluruh kenampakan hutan dataran rendah perbukitan, dan pegunungan yang belum terlihat adanya bekas penebangan, termasuk hutan kerdil, hutan kerangas, hutan di atas batuan kapur, hutan di batuan ultra basa, hutan daun jarum, hutan luruh, dan hutan lumut
2002	Hutan Sekunder	Hutan sekunder adalah kenampakan hutan dataran rendah, perbukitan, dan pegunungan yang telah menampakkan bekas penebangan (alur dan bercak bekas penebangan)
2005	Hutan Rawa Primer	Seluruh kenampakan hutan di daerah berawa, termasuk rawa gambut dan rawa payau yang belum menampakkan bekas penebangan

Lanjutan Tabel 2.3 Klasifikasi Tutupan Lahan

Kode	Jenis Tutupan Lahan	Keterangan
20051	Hutan Rawa Sekunder	Seluruh kenampakan hutan di daerah berawa telah menampakkan bekas penebangan dengan kenampakan jalur pembukaan areal (biasanya ada jalur rel), dan bercak bekas penebangan
2004	Hutan Mangrove Primer	Seluruh kenampakan hutan bakau, nipah, dan bibung yang berada di sekitar pantai, dan belum menampakkan bekas penebangan.
20041	Hutan Mangrove Sekunder	Seluruh kenampakan hutan bakau, nipah, dan nibung yang menunjukkan bekas penebangan, bercak, atau bekas terbakar.
2007	Semak Belukar	Kawasan bekas hutan lahan kering yang telah tumbuh kembali (suksesi), atau kawasan dengann pohon jarang (alami), atau kawasan dengan vegetasi rendah (alami) lainnya. Umumnya sudah tidak ada kenampakan bekas alur atau bercak penebangan lagi
20071	Semak Belukar Rawa	Kawasan bekas hutan di daerah basah (rawa) yang telah tumbuh kembali (suksesi), atau kawasan dengan liputan pohon jarang (alami), atau kawasa dengan dominasi vegetasi rendah (alami), serta umumnya tidak ada kenampakan bekas alur atau bercak penebangan lagi
3000	Rumput Kering dan Rumput Rawa	Kenampakan non-hutan alami berupa padang rumput kadang dengan sedikit semak atau pohon. Secara alami kenampakan rumput dengan area yang cukup luas. Kenampakan ini dapat terjadi pada lahan kering atau rawa (rumput rawa)
2006	Hutan Tanaman	Kelas penutupan lahan hutan yang merupakan hasil budidaya manusia, meliputi Hutan Tanaman Industri maupun Hutan Tanaman hasil reboisasi yang berada di dalam

Lanjutan Tabel 2.3 Klasifikasi Tutupan Lahan

		Maupun diluar kawasan hutan (APL). Dari citra satelit terlihat mempunyai pola tanam teratur pada daerah datar, sedangkan untuk area bergelombang terlihat warna citra yang berbeda dengan lingkungan sekitarnya.
2010	Perkebunan	-
20091	Pertanian lahan kering	-
20092	Pertanian lahan kering campur	-
20093	Sawah	-
20094	Tambak	-
2014	Tanah Terbuka	-
20141	Pertambangan	-
2012	Permukiman	-
5001	Tubuh Air	-
50011	Rawa	-
2500	Awan	-
20121	Bandara	-
20122	Transmigrasi	-

(Sumber : Kementerian Kehutanan, 2009)

2.6 Perubahan Tata Guna Lahan.

Perubahan tata guna lahan adalah berubahnya penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lain diikuti dengan berkurangnya tipe penggunaan lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya atau berubahnya fungsi lahan suatu daerah pada kurun waktu yang berbeda (Wahyunto et al., 2001). Perubahan fungsi tutupan lahan dari kawasan konservasi (lahan hijau) menjadi kawasan terbangun (permukiman) akan memperberat tekanan terhadap kondisi lingkungan antara lain mempengaruhi besarnya laju erosi dan sedimentasi di wilayah hulu, menimbulkan banjir dan genangan di wilayah hilir, serta tanah longsor dan kekeringan.

2.7 Daur Hidrologi.

Siklus air atau siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi,

presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Secara garis besar siklus ini dimulai dari penguapan (Evaporasi) yang terjadi di laut ke atmosfer, yang kemudian uap tersebut kembali turun ke bumi berupa hujan (Presipitasi) dan kembali lagi ke laut. Apabila dijelaskan secara rinci, penguapan yang terjadi bukan hanya di laut, tetapi penguapan juga terjadi di daratan dan tumbuhan (Transpirasi). Penguapan tersebut dikenal dengan evapotranspirasi. Hasil evapotranspirasi menjadi uap di atmosfer berkumpul dan membentuk awan. Awan yang jenuh air merupakan awan penyebab terjadinya hujan (Presipitasi). Hujan yang turun di permukaan bumi tidak seluruhnya turun di permukaan bumi, tetapi sebagian kecil ada yang diuapkan kembali ke atmosfer. Sisanya sebagian besar akan sampai di permukaan bumi. Air hujan yang jatuh di permukaan bumi tidak semuanya jatuh di permukaan tanah, melainkan ada yang tertahan di tanaman, bangunan dan lain sebagainya yang nantinya juga akan diuapkan kembali ke atmosfer. Air yang jatuh di permukaan tanah sebagian akan menjadi aliran permukaan (*Run Off*) dan sebagian akan meresap ke dalam tanah (Infiltrasi). Besarnya air yang meresap ke dalam tanah tergantung dari kerapatan dan jenuh air dari tanah tersebut. Air yang menjadi air permukaan akan mengisi cekungan, kubangan di permukaan tanah. Air hujan yang masuk ke dalam tanah jika kondisinya memungkinkan (*Interflow*), yang bersama overland flow kemudian menjadi Surface Run Off. Sebagian air infiltrasi jika kondisi memungkinkan akan tetap tinggal dalam tanah (*Moisture Content*) dan sisanya lagi secara gravitasi akan mengalir vertikal (Perkolasi) masuk ke dalam tanah sampai muka air tanah. Air tanah walaupun sangat lambat akan bergerak ke tempat – tempat yang lebih rendah, bila ketemu patahan bumi akan keluar sebagai mata air dan bila ketemu palung sungai akan mengisi air sungai bersama Surface Run Off akan terus mengalir ke muara sampai laut. Selama pengalirannya ke laut air tersebut dapat diuapkan kembali dan sesampainya di laut terus diuapkan kembali. Siklus ini akan berulang kembali secara terus menerus.

2.8 Konsep Konservasi Sumber Daya Air

Pada awalnya konservasi dianggap sebagai suatu upaya perlindungan dan pelestarian yang menutup kemungkinan dilakukan pemanfaatan sumberdaya alam, namun sekarang bila kawasan itu dilindungi, dirancang dan dikelola secara tepat, dapat memberikan keuntungan yang lestari bagi masyarakat dan sebagai sumber devisa Negara. Konservasi sumber daya air adalah usaha-usaha untuk menjaga air tetap produktif, baik secara kualitas dan kuantitasnya. Selain itu juga agar air dapat lebih banyak tersimpan didalam tanah sehingga dapat digunakan tanaman dan mengurangi terjadinya banjir dan erosi. Prinsip dasar dalam konservasi sumber daya air adalah menggunakan tanah sesuai dengan kemampuannya. Konservasi sumber daya air ini sangat terkait dengan konservasi tanah dan air. Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2014, Konservasi Tanah dan Air adalah upaya perlindungan, pemulihan, peningkatan dan pemeliharaan Fungsi tanah pada lahan sesuai dengan kemampuan dan peruntukan lahan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan dan kehidupan yang lestari. Kegiatan yang terkait dalam konservasi sumber daya air adalah kegiatan penghijauan. Kegiatan penghijauan merupakan upaya memulihkan atau memperbaiki lahan kritis diluar kawasan hutan agar berfungsi sebagai media tata air yang baik. Selain itu untuk mencegah kerusakan Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat dilakukan cara pendekatan sipil teknis (metode mekanis) dan/atau pendekatan vegetative (metode vegetatif). Pendekatan sipil teknis adalah upaya pengendalian laju kerusakan DAS dengan membangun bangunan-bangunan, misalnya embung/situ, tanggul, dam dan sumur resapan. Sedangkan pendekatan vegetatif adalah upaya penanaman jenis-jenis tanaman yang mampu mengurangi laju kerusakan DAS dengan teknik budidaya yang benar.

2.8.1. Konservasi Metode Vegetatif

Metode Vegetatif adalah metode untuk mengurangi daya rusak yang diakibatkan oleh limpasan air permukaan dari air hujan yang jatuh ke permukaan tanah dengan menggunakan tanaman atau tumbuh-tumbuhan.

Dalam konservasi dengan metode vegetatif diperoleh beberapa fungsi antara lain (Arsyad, 2000) :

1. Melindungi tanah terhadap daya perusak butir-butir hujan yang jatuh.
2. Melindungi tanah terhadap daya perusak aliran air di atas permukaan tanah.
3. Memperbaiki kapasitas infiltrasi tanah dan penahanan air yang langsung mempengaruhi besarnya aliran permukaan.

Dalam kajian ini konservasi metode vegetatif yang dibahas adalah Penghutan Kembali (*Reforestation*) (Subagyono et al., 2003). Penghutan Kembali (*Reforestation*) secara umum dimaksudkan untuk mengembalikan dan memperbaiki kondisi ekologi dan hidrologi suatu wilayah dengan tanaman pohon – pohonan. Hutan mempunyai fungsi tata air yang unik karena mampu menyimpan air dan meredam debit air pada saat musim penghujan dan menyediakan air secara terkendali pada saat musim kemarau (*sponge effect*). Teknik vegetatif ini efektif apabila dilakukan pada lahan dengan kedalaman tanah >3m. Apabila dilakukan dengan kedalaman tanah <3 m, maka akan terjadi keterbatasan kapasitas tanah dalam menyimpan air karena aliran permukaan yang cukup tinggi (Agus et al., 2002). Untuk dapat menyimpan air dan meredam debit air, jenis tanaman yang digunakan dalam teknik konservasi ini sebaiknya berasal dari jenis yang mudah beradaptasi terhadap lingkungan baru, cepat berkembang biak, mempunyai perakaran kuat dan kanopi yang rapat dan rindang.

Jenis tanaman (vegetasi) yang dipakai dalam kajian ini adalah jenis yang mempunyai peran dalam konservasi sumber daya air serta mempunyai nilai ekonomi, antara lain :

a. Beringin Putih (*Ficus Benjamina* Var *Varigata*)

Jenis tanaman ini masuk dalam jenis ficus spp yang merupakan family dari Moraceae (suku nangka-nangkaan). Jenis tanaman ini memiliki ciri bergetah, kanopi lebar, jenis akar gantung dari cabang sampai menjulur ke tanah. Terkait dengan konservasi sumber daya air, tanaman ini memiliki nilai hidrologis karena struktur perakaran yang dalam dan

kuat serta lateral yang mencengkeram sehingga berperan besar dalam pengaturan tata air (Ulum, S. 2009).



Gambar 2.5 Bringin Putih /*Ficus Benjamina Var Variegata*
(Ulum S., 2009)

Agar tanaman ini dapat berfungsi secara maksimal, perlu diperhatikan persyaratan sebagai berikut :

1. Topografi (ketinggian 0 – 1400 dpl (Sastrapaja dan Afriastini, 1994))).
2. Keadaan iklim (Suhu 10°C-37°C(Jimenes, 2007), Curah hujan 1250-2000 mm/tahun(Koeppen dan Trewartha, 1943)).
3. Keadaan tanah (Dapat tumbuh pada semua jenis tanah)
4. Kondisi lingkungan (mengurangi tingkat erosi dan kelongsoran tanah).
5. Dapat beradaptasi pada lereng dengan kemiringan 0%-55%.

b. Bambu (*Melocanna Bambusoides*)

Tanaman jenis ini termasuk dalam tanaman jenis rumput-rumputan. Jenis tanaman ini juga memiliki nilai hidrologis karena memiliki akar yang rapat, menyebar, tidak mudah putus sehingga lahan di bawah tegakan bambu menjadi sangat stabil dan mudah meresapkan air. Menurut Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar Kementerian Pertanian, 2012,

tanaman ini dapat menjaga ekosistem tanah dan air sehingga dapat dipergunakan sebagai tanaman konservasi. Bambu juga dapat menyerap air hingga 90% (smith, 2002).



Gambar 2.6 Bambu (*Melocanna Bambusoides*)
(Smith., 2002)

Bambu termasuk jenis tanaman serbaguna atau MPTS (*Multi Purpose Trees Spesies*), karena hampir seluruh bagian dari tanaman bambu dapat dimanfaatkan. Bambu mempunyai nilai ekologi yaitu sebagai tanaman hias, tirai peredam suara, pengikat karbondioksida dan dapat mencegah erosi apabila ditanam di tepi jurang, lereng dan sungai.

Agar tanaman ini dapat berfungsi secara maksimal, perlu diperhatikan persyaratan sebagai berikut :

1. Topografi (ketinggian 0 – 1500 dpl)
2. Keadaan iklim (Kelembaban $\pm 80\%$, Suhu 15°C - 41°C , Curah hujan 1000-3000 mm/tahun).
3. Keadaan tanah (Dapat tumbuh pada semua jenis tanah, berdrainase baik, pH antara 5,6 - 6,5).
4. Dapat beradaptasi pada lereng dengan kemiringan 0%-55%.

c. Durian

Tanaman durian merupakan tanaman buah berupa pohon. Tanaman durian semula berupa tanaman liar yang berasal dari hutan Malaysia, Sumatra dan Kalimantan. Manfaat tanaman durian selain diambil buahnya, pohonnya

dapat dipakai sebagai pencegah erosi di lahan miring. Biji durian mempunyai kandungan pati cukup dapat dipakai sebagai alternatif pengganti makanan. Kulitnya dapat dipakai sebagai bahan abu gosok.



Gambar 2.7 Durian

Agar tanaman ini dapat berfungsi secara maksimal, perlu diperhatikan persyaratan sebagai berikut :

1. Curah hujan > 2.000 mm/tahun.
2. Intensitas cahaya 40-50%.
3. Suhu $22 - 30^{\circ}\text{C}$.
4. Ketinggian antara 100-500 M dpl, apabila ditanam pada daerah yang lebih tinggi akan menurunkan mutunya.

(BP2SDM Kemen LH dan Kehutanan, 2014).

Dalam penerapannya, konservasi dengan metode vegetatif memiliki kelebihan dan kekurangan antara lain :

Kelebihan konservasi dengan metode vegetatif adalah :

- Dapat meningkatkan sifat fisika tanah.
- Dapat mengurangi erosi.
- Menghasilkan oksigen.

Kekurangan konservasi dengan metode vegetatif adalah :

- Merupakan program jangka panjang karena tanaman membutuhkan waktu untuk tumbuh.

- Memerlukan pemeliharaan (khusus tanaman buah).

2.8.2. Metode Mekanis

Prinsip konservasi sumber daya air adalah pemanfaatan air hujan yang jatuh ke permukaan tanah secara efisien serta pengaturan waktu pengaliran air permukaan tersebut sebelum masuk ke badan penerima tanpa menimbulkan dampak banjir yang merusak dan adanya ketersediaan air pada saat musim kemarau (Arsyad, 2000). Tujuan dari konservasi sumber daya air adalah mengurangi jumlah air aliran permukaan melalui peningkatan infiltrasi, peningkatan kandungan bahan organik, atau dengan meningkatkan simpanan air di permukaan tanah (surface storage). Dalam metode mekanik ini memiliki prinsip yaitu mengurangi hilangnya tanah dalam volume yang cukup besar akibat erosi. Fungsi dari konservasi metode mekanik adalah :

- Memperlambat aliran permukaan.
- Menampung dan mengalirkan aliran permukaan sehingga tidak merusak.
- Memperbesar kapasitas infiltrasi air ke dalam tanah dan memperbaiki aerasi tanah.
- Menyediakan air bagi tanaman.

Dalam penerapannya, konservasi dengan metode mekanik memiliki kelebihan dan kerugian.

Kelebihan konservasi dengan metode mekanis adalah :

- Meningkatkan ketersediaan air bagi manusia, tanaman dan ternak.
- Meningkatkan intensitas tanam, produksi, pendapatan petani dan produktifitas tenaga kerja petani.
- Mengurangi dan mencegah bahaya banjir dan sedimentasi.
- Menampung hasil sedimentasi yang dapat dikembalikan ke lahan usaha tani.

Kerugian konservasi dengan metode mekanis adalah :

- Memerlukan tenaga kerja dan biaya untuk pembangunan serta pemeliharaan rutin.

- Mengurangi luas lahan budi daya karena sebagian digunakan untuk pembuatan bangunan.
- Memerlukan kerjasama diantara petani untuk pembuatan bangunan dan saluran pembuangan air.

Dalam kajian ini metode mekanis yang dibahas adalah dengan pembuatan situ/embung, gabungan pemaneanan air hujan dan sumur resapan.

a. Situ/Embung.

Embung adalah bangunan berupa cekungan yang cukup besar yang berfungsi sebagai pemanen aliran permukaan dan air hujan (lihat gambar 2.8). Selain itu embung penampung atau embung konservasi dapat menahan kelebihan air pada masa-masa aliran tinggi maupun rendah untuk digunakan pada waktu dibutuhkan. Berapapun ukuran suatu embung atau apapun tujuan akhir dari pemanfaatan airnya, fungsi utama dari suatu embung adalah untuk menstabilkan aliran air, baik dengan cara pengaturan persediaan air yang berubah-ubah pada suatu sungai alamiah, maupun dengan cara memenuhi kebutuhan yang berubah-ubah dari para konsumen (Linsley dkk.,1985).

Kriteria lokasi penempatan embung adalah sebagai berikut :

- Hendaknya embung dibuat pada lahan dengan kemiringan 5% - 30%. Hal ini bertujuan agar limpasan air permukaan cepat mengisi embung.
- Embung hendaknya dibangun di kawasan yang mempunyai luas daerah aliran air (tampungan) yang cukup, sehingga limpasan air hujan dapat disalurkan ke embung hingga mengisi penuh pada musim hujan.
- Kedalaman embung berkisar antara 4m – 10m.
- Tidak terlalu jauh dari saluran pembuangan utama agar memudahkan membuang kelebihan air.

(Subagyono et al, 2004)



Gambar 2.8 Embung (Subagyo et al, 2004).

b. Teknik Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan

Air hujan merupakan sumber air yang sangat penting terutama di daerah yang tidak terdapat sistem penyediaan air bersih, kualitas air permukaan yang rendah serta tidak tersedia air tanah (Abdulla et al., 2009). Pemanenan air hujan (PAH) merupakan metode atau teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan air hujan yang berasal dari atap bangunan, permukaan tanah, jalan atau perbukitan batu dan dimanfaatkan sebagai salah satu sumber suplai air bersih (UNEP, 2001; Abdulla et al., 2009). Menurut UNEP (2001), keuntungan penggunaan air hujan sebagai sumber air bersih adalah :

- Meminimalisasi dampak lingkungan : penggunaan instrumen yang sudah ada (atap rumah, tempat parkir, taman, dan lain-lain) dapat menghemat pengadaan instrumen baru dan meminimalisasi dampak lingkungan serta mengurangi debit banjir.
- Lebih bersih : air hujan yang dikumpulkan relatif lebih bersih dan kualitasnya memenuhi persyaratan sebagai air baku air bersih dengan atau tanpa pengolahan lebih lanjut.
- Kondisi darurat : air hujan sebagai cadangan air bersih sangat penting penggunaannya pada saat darurat atau terdapat gangguan sistem penyediaan air bersih, terutama pada saat terjadi bencana alam. Sebagai cadangan air bersih : pemanenan air hujan dapat mengurangi ketergantungan pada sistem penyediaan air bersih.
- Sebagai salah satu upaya konservasi.

- Pemanenan air hujan merupakan teknologi yang mudah dan fleksibel dan dapat dibangun sesuai dengan kebutuhan.

Debit yang berasal dari atap dihitung dengan persamaan :

$$Q = 0,002778 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = daerah tangkapan/atap (Ha)

Kedalaman sumur resapan dihitung dengan persamaan :

$$H = \frac{Q}{F_x K} \left(1 - e^{-\frac{F K T}{\pi r^2}} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

Q = debit yang masuk ke sumur resapan (m³/dt)

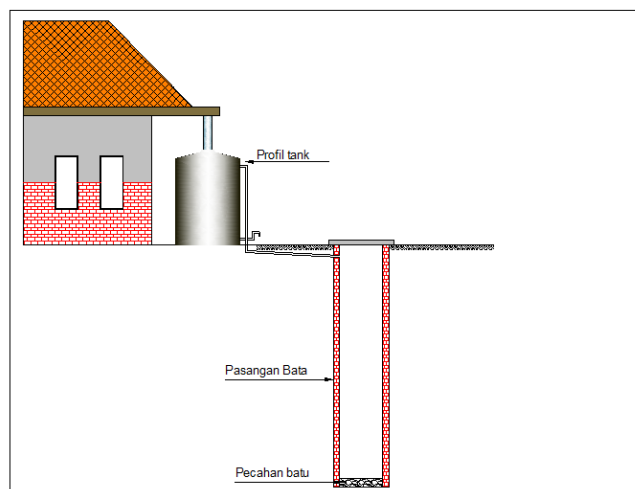
F = faktor geometric (m)

T = waktu pengaliran (detik)

K = koefisien permeabilitas tanah (m/dt)

R = jari-jari sumur resapan (m)

(suripin, 2003)



Gambar 2.9 Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan.
(Sumber : SNI 06-2405-1991)

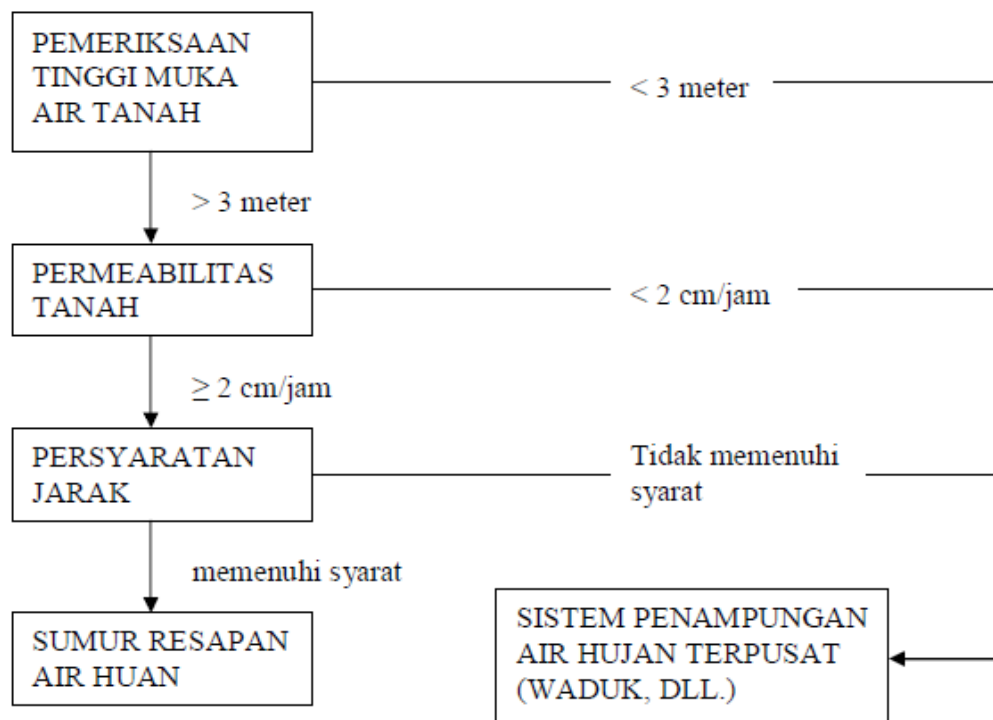
Dalam penerapannya, terdapat persyaratan yang harus dipenuhi sesuai dengan SNI 06-2405-1991 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan.

Tabel Jarak Minimum Sumur Resapan Air Hujan Terhadap Bangunan.

NO	JENIS BANGUNAN	JARAK DARI SUMUR RESAPAN (m)
1.	Tangki septik	2
2.	Resapan tangki septik, cubluk, saluran air limbah, pembuangan sampah	5
3.	Sumur Resapan air hujan/sumur bersih	2

Catatan: jarak diukur dari tepi ke tepi

Langkah – langkah yang perlu diperhatikan dalam pembuatan sumur resapan air hujan adalah sebagai berikut :



2.9 Studi Terdahulu

2.9.1. Evaluasi Kemampuan Pengendalian Banjir pada 37 Embung di Hulu Kota Semarang (Hermono Suroto Budinetro, Tauvan Ari Praja dan Sri Rahayu., 2009).

Prinsip dari embung adalah menampung air sementara pada saat debit tinggi kemudian digunakan saat debit air rendah. Hal ini akan berdampak pada pengurangan debit puncak akibat adanya tampungan berupa embung. Dari hasil analisa 37 calon embung di hulu kota semarang dapat mereduksi debit puncak 29,4% sampai dengan 89,7% dengan waktu perlambatan 1 sampai dengan 2 jam. Fungsi embung selain sebagai pereduksi debit puncak juga bisa dimanfaatkan untuk PLTA, penyedia air baku, penyedi air bersih, perikanan dan pariwisata. Dengan begitu embung dapat mendatangkan banyak keuntungan sehingga dapat menarik perhatian banyak pihak untuk merealisasikan pembangunan embung tersebut. Selain menimbulkan dampak positif bagi lingkungan, juga dapat menimbulkan dampak positif dari segi ekonomi.

2.9.2. Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air Di Perkotaan (Anie Yulistyorini, 2011).

Pemanenan air hujan merupakan metode mengumpulkan air hujan menggunakan atap rumah, jalan atau perbukitan dan permukaan tanah. Air hujan yang dipanen dapat digunakan sebagai kebutuhan air baku bagi masyarakat. Selain itu dampak dengan adanya pemanenan air hujan dapat mengurangi limpasan permukaan. Besarnya air hujan yang dipanen sangat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya curah hujan, ukuran tangkapan air hujan, tempat yang dibutuhkan untuk pembuatan pemanenan air hujan dan kegunaan air hujan untuk pemenuhan kebutuhan air. Kualitas air hasil tengkapan dengan pemanenan air hujan ini dipengaruhi oleh media penangkapan hujan dan tangki penampung airnya. Hal ini yang dapat menimbulkan terkontaminasinya air hujan baik secara fisik, kimia dan mikrobiologi.

Dengan pemanenan air hujan :

1. Penggunaan air bersih di Singapura (*Nanyang Technological University Campus*) dapat ditekan sebesar 12,4% untuk penyiraman toilet karena air bersih tersebut digantikan oleh air hujan (Appan, 1999).
2. Penggunaan air bersih di beberapa kota di Australia dapat ditekan sampai 29,9% (Perth) dan 32,3% (Sydney) (Zang et al., 2009).
3. Penggunaan di Jordan dapat ditekan hingga 19,7%.

Kelebihan air hujan dapat diresapkan kedalam tanah, sehingga air tanah akan terisi kembali. Hal ini akan menguntungkan dalam hal konservasi air tanah sehingga membantu penurunan muka air tanah tidak terjadi secara drastis. Selain itu dapat mengurangi volume limpahan air hujan dan dapat mengurangi potensi banjir.

2.9.3. Kajian Penanggulangan Limpasan Permukaan Dengan Menggunakan Sumur Resapan (Studi Kasus Di Daerah Perumnas Made Kabupaten Lamongan) (Saleh., 2011).

Konsep sumur resapan adalah meresapkan air hujan kedalam tanah guna menambah volume air tanah dan mengurangi limpasan permukaan. faktor yang mempengaruhi dimensi sumur resapan adalah :

- a. Tinggi muka air tanah.
- b. Luas daerah pelayanan.
- c. Luas permukaan tanah.
- d. Koefisien permeabilitas tanah.
- e. Selang waktu hujan.
- f. Intensitas hujan.
- g. Lama hujan dominan.

Adapun persyaratan teknis sumur resapan menurut Sunjoto :

- a. Hanya diterapkan pada lahan yang tidak berpotensi gerakan tanah :
 - Ikatan tanah bersifat koheren atau semi koheren.
 - Kemiringan lereng > 30%.
 - Bidang pelapisan tanah/batuan tidak miring kearah tanah >3m.

- b. Untuk mempermudah pemeliharaan, kedalaman maksimum sumur resapan dianjurkan <5m.
- c. Muka air tanah dianjurkan <3m.
- d. Hanya meresapkan air hujan dan bebas dari pencemaran.
- e. Untuk daerah sanitasi yang buruk, air yang masuk sumur resapan berasal dari atap yang disalurkan melalui talang.

Sedangkan persyaratan teknis sumur resapan menurut PU adalah sebagai berikut :

- a. Untuk daerah sanitasi yang buruk, air yang masuk sumur resapan berasal dari atap yang disalurkan melalui talang.
- b. Dibuat pada lahan yang lulus air dan tahan longsor.
- c. Sumur resapan hanya menerima dari air hujan.
- d. Tidak terkontaminasi air limbah.
- e. Dalam perencanaannya mempertimbangkan aspek hidrogeologi, geologi dan hidrologi.

2.10 Limpasan (*run off*)

Limpasan permukaan adalah bagian dari curah hujan yang berupa air hujan yang tidak dapat meresap kedalam tanah. Limpasan permukaan ini akan mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau dan lautan. Besarnya limpasan permukaan dipengaruhi oleh lama waktu hujan, intensitas dan penyebarannya dan karakteristik Daerah Aliran Sungai. Karakteristik Daerah Aliran Sungai yang dimaksud adalah meliputi bentuk dan ukuran DAS, topografi, tanah, geologi dan penggunaan lahan. Menurut Hyet (1939) dijelaskan bahwa hujan turun sesudah periode musim kering, maka air yang turun sebagian besar akan digunakan untuk mengisi kembali kekurangan (*deficiency*) seperti *interception*, *depression storage*, *infiltrasi*, *soil moisture*, *ground water recharge*. Semua itu akan sangat berpengaruh terhadap limpasan permukaan. Apabila hujan sudah mulai kontinyu, maka aliran permukaan akan mulai bertambah besar, sedangkan apabila pada saat musim kemarau *deficiency* akan bertambah besar dan proses tersebut akan berulang kembali secara terus menerus.

(Sumber : M. Sholeh, 1998)

Menurut Triatmojo (2010), komponen – komponen yang mempengaruhi terhadap limpasan berasal dari 3 sumber :

1. Aliran Permukaan (*Surface Runoff*)

Aliran ini merupakan aliran yang langsung mengalir di permukaan tanah, sehingga sangat berpengaruh langsung terhadap debit di sungai, saluran drainase maupun laut dan sebagai pemicu terjadinya banjir.

2. Aliran Antara (*interflow*)

Aliran ini terjadi secara lateral di bawah permukaan tanah. Aliran ini merupakan gerakan air dan lengas tanah secara lateral menuju elevasi yang lebih rendah, yang akhirnya menuju sungai. Proses aliran ini lebih lambat jika dibandingkan dengan aliran permukaan dimana tingkat kelambatannya bias terjadi dalam beberapa jam bahkan sampai beberapa hari.

3. Aliran Air Tanah

Aliran ini adalah aliran di bawah permukaan air tanah yang mengalir secara gravitasi yang akhirnya menuju ke sungai. Air hujan yang meresap ke dalam tanah (infiltrasi) akan menjadi aliran antara dan sebagian mengalir ke bawah secara lateral (perkolasi) mencapai air tanah. Muka air tanah mempunyai kemiringan sangat kecil dan aliran air searah dengan kemiringan tersebut menuju sungai sebagai aliran dasar (*base flow*). Proses aliran ini lebih lambat daripada aliran antara. Tingkat kelambatan mulai dari mingguan sampai tahunan.

2.11 Curah Hujan Rerata Daerah (Area Rainfall).

Data hujan tercatat dalam stasiun penakar hujan adalah tinggi hujan di sekitar stasiun penakar hujan tersebut atau disebut dengan Point Rainfall. Untuk mendapatkan curah hujan yang dapat mewakili daerah yang ditinjau, maka diperlukan curah hujan rerata di daerah aliran (Cacthment Area). Curah hujan rerata ini memuat data curah hujan dari masing-masing stasiun hujan yang besarnya masing-masing tidak sama.

Ada 3 (tiga) cara untuk menghitung hujan rerata daerah aliran atau disebut Area Rainfall, yaitu :

1. Arithmatik Mean :

Dipakai di daerah yang datar dan jumlah stasiun penakar hujannya banyak dan dengan anggapan bahwa di daerah tersebut sifat curah hujannya adalah uniform/seragam.

2. Thiesen Polygon :

Cara ini memasukkan faktor pengaruh daerah yang diwakili oleh stasiun penakar hujan yang disebut sebagai faktor pembobot (weighing factor) atau disebut juga sebagai koefisien Thiessen.

$$R_{ave} = \sum_i^n \frac{A_n}{A} R_n + \sum_i^m \frac{A_m}{A} R_m \dots \dots \dots (2.3)$$

A_n = Luas Daerah Pengaruh Pos Penakar Hujan n (Ha)

A = Luas total Das (Ha)

R_n = Tinggi hujan di Pos Penakar Hujan n (mm)

3. Isohyet :

Isohyet adalah garis yang menunjukkan tempat kedudukan dari harga tinggi hujan yang sama. Cara ini diperoleh dengan cara interpolasi harga-harga tinggi hujan lokal (Point Rain Fall). Bedanya apabila Poligon Thiessen adalah tetap tidak tergantung dari harga-harga Point Rain Fall sedangkan Isohyet berubah dengan harga-harga Point Rain Fall yang tidak tetap walaupun letak stasiun penakar hujannya tetap.

Tabel 2.4 Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan.

1. Jumlah Stasiun Penakar Hujan	Metode
- Cukup	Isohyet, Poligon Thiessen atau Rerata Aljabar
- Terbatas	Aljabar
- Tunggal	Rerata Aljabar atau Poligon Thiessen Hujan Titik
2. Luas DAS	Metode
- DAS Besar (> 5000 Km ²)	Isohyet

- DAS Sedang (500 – 5000 Km ²)	Poligon Thiessen
- DAS Kecil (< 500 Km ²)	Rerata Aljabar
3. Topografi	Metode
- Pegunungan	Rerata Aljabar
- Dataran	Poligon Thiessen
- Berbukit dan tidak beraturan	Isohyet

Sumber : Suripin, 2004

2.12 Analisis Distribusi Frekwensi

Sebelum dilakukan perhitungan distribusi probabilitas dari data yang tersedia, dicoba dahulu dilakukan penelitian distribusi yang sesuai untuk perhitungan. Masing-masing distribusi yang telah disebutkan diatas memiliki sifat-sifat khas, sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing tersebut. Pemilihan distribusi yang tidak tepat dapat menyebabkan kesalahan perkiraan yang mungkin cukup besar baik over estimated maupun under estimated yang keduanya tidak diinginkan. Setiap jenis distribusi atau sebaran mempunyai parameter statistik diantaranya terdiri dari :

- \bar{R} : nilai rata-rata hitung
- Sd : deviasi standar
- Cv : koefisien vareasi
- Ck : koefisien ketajaman
- Cs : koefisien kemencengan

Dimana setiap parameter statistik tersebut dicari berdasarkan rumus :

- Nilai rata-rata (Mean)

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{N} \dots \dots \dots (2.4)$$

- Standard Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum((R-\bar{R})^2)}{N-1}} \dots\dots\dots(2.5)$$

- Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{R}} \dots\dots\dots(2.6)$$

- Koefisien Kemencengan

$$Cs = \frac{\sum(R-\bar{R})^3.N}{(N-1)(N-2)Sd^3} \dots\dots\dots(2.7)$$

- Koefisien Ketajaman

$$Ck = \frac{\sum(R-\bar{R})^4.N^2}{(N-1)(N-2)(N-3)Sd^4} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

R : data curah hujan (mm)

N : jumlah pengamatan

2.13 Analisis Frekuensi dan Probabilitas.

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Hal ini dikarenakan sistem hidrologi yang dipengaruhi oleh kejadian-kejadian ekstrim yang terjadi. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisis frekuensi dan probabilitas agar dapat menggambarkan kondisi sesuai dengan karakteristik suatu daerah dalam hal hujan, banjir dan kekeringan.

2.13.1. Distribusi Pearson Type III

Langkah – langkah perhitungannya adalah Urutkan data-data curah hujan (R) mulai dari harga yang terbesar hingga terkecil, dan hitung :

- Nilai rata-rata (Mean)

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{N} \dots\dots\dots(2.9)$$

- Standard Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum((R-\bar{R})^2)}{N-1}} \dots\dots\dots (2.10)$$

➤ Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{R}} \dots\dots\dots (2.11)$$

➤ Koefisien Kemencengan

$$Cs = \frac{\sum(R-\bar{R})^3.N}{(N-1)(N-2)Sd^3} \dots\dots\dots (2.12)$$

➤ Koefisien Ketajaman

$$Ck = \frac{\sum(R-\bar{R})^4.N^2}{(N-1)(N-2)(N-3)Sd^4} \dots\dots\dots (2.13)$$

Perhitungan distribusi Pearson Type III menggunakan persamaan :

$$Rt = \bar{R} + K. Sd \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

Rt = Curah hujan dengan periode ulang T tahun

\bar{R} = Curah hujan maksimum rata-rata

Sd = Standar Deviasi

K = Faktor dari distribusi Pearson Type III, yang didapat dari tabel fungsi Cs dan probabilitas kejadian (tabel nilai K Pearson Type III)

(Sumber : Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan Yang berkelanjutan*, 2003)

2.13.2. Distribusi Log Pearson Type III

Langkah – langkah perhitungannya adalah Urutkan data-data curah hujan (R) mulai dari harga yang terbesar hingga terkecil, dan hitung :

➤ Nilai rata-rata dari logaritmik data (Mean)

$$\overline{LogR} = \frac{\sum LogR}{N} \dots\dots\dots (2.15)$$

➤ Standard Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum((LogR-\overline{LogR})^2)}{N-1}} \dots\dots\dots (2.16)$$

➤ Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\overline{LogR}} \dots\dots\dots(2.17)$$

➤ Koefisien Kemencengan

$$Cs = \frac{\sum (LogR - \overline{LogR})^3 \cdot N}{(N-1)(N-2)Sd^3} \dots\dots\dots(2.18)$$

➤ Koefisien Ketajaman

$$Ck = \frac{\sum (LogR - \overline{LogR})^4 \cdot N^2}{(N-1)(N-2)(N-3)Sd^4} \dots\dots\dots(2.19)$$

Perhitungan distribusi Pearson Type III menggunakan persamaan :

$$LogRt = \overline{LogR} + K \cdot Sd \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

LogRt = Logaritma Curah hujan dengan periode ulang T tahun

\overline{LogR} = Curah hujan maksimum rata-rata logaritmik data

Sd = Standar Deviasi

K = Faktor dari distribusi Log Pearson Type III, yang didapat dari tabel fungsi Cs dan probabilitas kejadian (tabel nilai K Log Pearson Type III)

(Sumber : Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan Yang berkelanjutan*, 2003)

2.14 Uji Kecocokan

Uji kecocokan perlu dilakukan agar distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut.

2.14.1. Uji Kecocokan Chi-Kuadrat

Uji keselarasan chi-kuadrat menggunakan rumus :

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{Oi - Ei}{Ei} \right)^2 \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

X^2 = harga chi-kuadrat terhitung

Oi = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1

Ei = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

N = jumlah data

(Sumber : Suripin, 2004)

Suatu distribusi dikatakan selaras jika nilai $X^2_{hitung} <$ dari X^2_{kritis} . Nilai X^2_{kritis} dapat dilihat di tabel. Dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan chi kuadrat kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan secara umum dihitung dengan rumus :

$$Dk = K - (\alpha + 1) \dots \dots \dots (2.22)$$

$$K = 1 + 3.322 \log n \dots \dots \dots (2.23)$$

$$Ei = \frac{n}{K} \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana :

Dk = derajat kebebasan

K = jumlah kelas

α = banyaknya keterikatan (banyaknya parameter), untuk uji chi-kuadrat adalah 2

n = jumlah data

Ei = nilai yang diharapkan

(Sumber : Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan Yang berkelanjutan*, 2003)

2.14.2. Uji Kecocokan Smirnov – Kolmogorof

Uji keselarasan Smirnov – Kolmogorof sering disebut uji keselarasan non parametik, karena dalam pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Suripin, 2004). Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

Urutkan data dari yang terbesar sampai yang terkecil, kemudian tentukan nilai masing-masing peluang dari hasil penggambaran grafis data (persamaan distribusinya) :

$$\begin{array}{ll} X_1 & P'(X_1) \\ X_2 & P'(X_2) \\ X_m & P'(X_m) \\ X_n & P'(X_n) \end{array}$$

(Sumber : Suripin, 2004)

Rumus yang dipakai untuk menghitung D (selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis) adalah sebagai berikut :

$$P(x) = m/(n+1) \dots \dots \dots (2.25)$$

$$P(x <) = 1 - P(x) \dots \dots \dots (2.26)$$

$$P'(x) = m/(n-1) \dots \dots \dots (2.27)$$

$$P'(x <) = 1 - P'(x) \dots \dots \dots (2.28)$$

$$D = \text{maksimum } (P'(x <) - P(x <)) \dots \dots \dots (2.29)$$

(Sumber : Suripin, Sistem Drainase Perkotaan Yang berkelanjutan, 2003)

2.15 Estimasi Aliran Permukaan dengan metode Hydrograf Nakayasu

Rumus dari hidrograf Nakayasu adalah :

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3.6(0.3T_p + T_{0.3})} \dots \dots \dots (2.30)$$

dimana :

Q_p = debit puncak banjir (m^3/dt).

R_o = hujan satuan (mm).

C = koefisien pengaliran.

A = luas daerah aliran sungai sampai outlet (km^2)

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam).

$T_{0.3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak.

Untuk menentukan T_p dan $T_{0.3}$ digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$T_p = T_g + 0.8T_r \dots \dots \dots (2.31)$$

$$T_{0.3} = \alpha T_g \dots \dots \dots (2.32)$$

dimana :

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam).

$T_{0.3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak.

$$T_r = 0.5 T_g \text{ sampai } T_g \dots \dots \dots (2.33)$$

T_g adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam). T_g dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

- Sungai dengan panjang alur $L > 15$ km.

$$T_g = 0.4 + 0.058 L \dots \dots \dots (2.34)$$

- Sungai dengan panjang alur $L < 15$ km.

$$T_g = 0.21 L^{0.7} \dots \dots \dots (2.35)$$

dimana :

t_r = satuan waktu hujan (jam).

α = parameter hidrograf untuk :

α = 2 (pada daerah pengaliran biasa).

α = 1.5 (pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat).

α = 3 (pada bagian naik hidrograf cepat, dan turun lambat).

- Pada waktu naik hidrograf naik ($0 < t < t_p$) menggunakan rumus :

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4} \dots \dots \dots (2.36)$$

- Persamaan lengkung turun 1 ($T_p \leq t \leq T_p + T_{0.3}$).

$$Q_{d1} = Q_p 0.3^{\left(\frac{t-T_p}{T_{0.3}} \right)} \dots \dots \dots (2.37)$$

- Persamaan lengkung turun 2 ($T_p + T_{0.3} \leq t \leq T_p + 1.5T_{0.3}$).

$$Q_{d2} = Q_p 0.3^{\left(\frac{t-T_p+0.5T_{0.3}}{1.5T_{0.3}} \right)} \dots \dots \dots (2.38)$$

- Persamaan lengkung turun 3 ($t \geq T_p + 1.5T_{0.3}$).

$$Q_{d3} = Q_p 0.3^{\left(\frac{t-T_p+1.5T_{0.3}}{2T_{0.3}} \right)} \dots \dots \dots (2.39)$$

(Sumber : Soemarto, 1999)

Koefisien runoff yang didasarkan pada faktor-faktor daerah pengalirannya seperti : jenis tanah, kemiringan, keadaan hutan penutupnya dan besar kecilnya banjir, intensitas hujan selama *Time Of Concentration* dan

luas luas daerah pengaliran. Besarnya koefisien *runoff* (C) didasarkan pada keadaan daerah pengalirannya. Lihat tabel 2.4

Tabel 2.5 Tabel koefisien pengaliran (Hassing, 1995)

Koefisien aliran $C = C_t + C_s + C_v$		
Topografi, C_t	Tanah, C_s	Vegetasi, C_v
Datar (<1%) : 0.03	Pasir dan gravel : 0.04	Hutan : 0.04
Bergelombang (1 - 10%) : 0.08	Lempung berpasir : 0.08	Pertanian : 0.11
Perbukitan (10 - 20%) : 0.16	Lempung dan lanau : 0.16	Padang rumput : 0.21
Pegunungan (> 20%) : 0.26	Lapisan batu : 0.26	Tanpa tanaman : 0.28

(Sumber : Suripin, 2004)

Lanjutan Tabel 2.5 Koefisien runoff

Diskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran (C)
Business	
perkantoran	0.70 – 0.95
pinggiran	0.50 – 0.70
Perumahan	
rumah tunggal	0.30 – 0.50
multiunit, terpisah	0.40 – 0.60
multiunit, tergabung	0.60 – 0.75
perkampungan	0.25 – 0.40
apartemen	0.50 – 0.70
Industri	
ringan	0.50 – 0.80
berat	0.60 – 0.90
Perkerasan	
aspal dan beton	0.70 – 0.95
batu bata, paving	0.50 – 0.70
Atap	0.75 – 0.95
Halaman, tanah berpasir	
datar 2%	0.05 – 0.10
rata-rata 2 – 7%	0.10 – 0.15
curam, 7%	0.15 – 0.20
Halaman, tanah berat	
datar 2%	0.13 – 0.17

Diskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran (C)
rata-rata 2 – 7%	0.18 – 0.22
curam, 7%	0.25 – 0.35
Halaman kereta api	0.10 – 0.35
Tempat – tempat bermain	0.25 – 0.35

(Sumber : Suripin, 2004)

2.16 Penelusuran banjir lewat waduk

Untuk menentukan muka air banjir diatas pelimpah adalah dengan melakukan reservoir routing. Dalam kajian ini digunakan metode Poels Methode.

$$I - Q = Ds / Dt \dots\dots\dots(2.40)$$

$$I (rt2) \Delta T - (Q1+Q2)/2. \Delta T = S2 - S1 \dots\dots\dots(2.41)$$

$$(I1 + I2). \Delta T/2 + (S1- Q1. \Delta T/2) = (S2 + Q2. \Delta T/2) \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana :

I_1 , I_2 = Inflow pada waktu t_1 , t_2

Q_1 , Q_2 = Outflow pada waktu t_1 , t_2

S_1 , S_2 = Volume tampungan pada waktu t_1 , t_2

Q_1 adalah debit keluar pada permulaan periode penelusuran. Kalau fasilitas pengeluarannya berupa bangunan pelimpah (spill way), maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = C.B.H^{3/2} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

C = koefisien debit bangunan pelimpah ($1,7 - 2,2 m^{\frac{1}{2}} / \text{detik}$)

B = panjang ambang bangunan pelimpah (m)

H = tinggi energi di atas ambang bangunan pelimpah, menggunakan rumus berikut :

$$H = h + \frac{\alpha.v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.44)$$

h = tinggi air diatas ambang bangunan pelimpah (m)

α = koefisien pembagian kecepatan aliran

v = kecepatan rata – rata aliran di depan ambang bangunan pelimpah
(m/detik)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

(Sumber : Soemarto, 1999)

2.17 Klasifikasi Tanah.

2.17.1. Tekstur Tanah

Tekstur tanah merupakan relatif fraksi pasir, debu dan liat yang menyusun masa tanah. Tekstur tanah turut menentukan tata air dalam tanah, berupa kecepatan infiltrasi, penetrasi dan kemampuan pengikat air oleh tanah (Mega et al., 2010). Klas tekstur tanah dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 2.6 Kelas Tekstur Tanah

No.	Kelas Tekstur	Sifat Tanah
1	Pasir	Rasa kasar jelas, tidak membentuk bola dan gulungan serta tidak melekat.
2	Pasir berlempung	Rasa kasar sangat jelas membentuk bola yang mudah sekali hancur serta sedikit sekali melekat.
3.	Lempung berpasir	Rasa kasar agak jelas, membentuk bola agak keras, mudah hancur serta melekat.
4	Lempung berdebu	Rasa licin, membentuk bola teguh, pita dan lekat.
5	Lempung	Rasa tidak kasar dan tidak licin, membentuk bola teguh, dapat sedikit digulung dengan permukaan mengkilat.
6	Debu	Rasa licin sekali, membentuk bola teguh, dapat sedikit digulung dengan permukaan mengkilat serta agak melekat.
7	Lempung berliat	Rasa agak kasar, membentuk bola agak teguh (kering), membentuk gulungan bila dipijit, gulungan mudah hancur serta melekat.
8	Lempung liat berdebu	Rasa jelas licin, membentuk bola teguh, gulungan mengkilat serta melekat.
9	Liat berpasir	Rasa licin agak kasar, membentuk bola, dalam keadaan kering sukar dipijit, mudah digulung serta melekat sekali.

No.	Kelas Tekstur	Sifat Tanah
10	Liat berdebu	Rasa agak licin, membentuk bola, dalam keadaan kering sukar dipijit, mudah digulung serta melekat sekali.
11	Liat berat	Rasa berat sekali, membentuk bola baik serta melekat sekali.

2.17.2. Jenis Tanah.

Jenis tanah Menurut Dudal dan Suparptoharjo (1957) yang telah dimodifikasi dengan pengaruh FAO/UNESCO diklasifikasikan menurut tekstur maupun warnanya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.7 Jenis Tanah

No.	Klasifikasi Tanah	Sifat Tanah
1	Organosol	Tanah organik (gambut yang tebalnya lebih dari 50 cm).
2	Litosol	Tanah yang dangkal yang berkembang diatas batuan keras dan belum mengalami perkembangan profil akibat dari erosi.
		Dijumpai pada daerah dengan lereng yang curam.
3	Rendzina	Tanah dengan epipedon mollik (warna gelap, kadungan bahan organik lebih 1%, kejenuhan basa lebih 50%, dibawahnya terdiri dari batuan kapur.
4	Grumusol	Tanah dengan kadar liat lebih dari 30% bersifat mengembang dan mengerut. Kalau musim kering tanah keras dan retak-retak karena mengerut, kalau basah lengket (mengembang).
5	Gleisol	Tanah yang selalu jenuh air sehingga berwarna kelabu atau menunjukkan sifat-sifat hidromorfik lain.
6	Aluvial	Tanah yang berasal dari endapan alluvial atau koluvial muda dengan perkembangan profil tanah lemah sampai tidak ada. Sifat tanah beragam tergantung dari bahan induk yang diendapkannya serta penyebarannya tidak dipengaruhi oleh ketinggian maupun iklim yang memiliki kandungan pasir kurang dari 60%.

No.	Klasifikasi Tanah	Sifat Tanah
7	Arenosol	Tanah berstekstur kasar dari bahan alvik yang terdapat pada kedalaman sekurang-kurangnya 50 cm dari permukaan atau memperlihatkan ciri-ciri mirip horizon argilik, kambik atau oksik, tetapi tidak memenuhi syarat karena tekstur terlalu kasar.
8	Andosol	Tanah yang berwarna hitam sampai coklat tua dengan kandungan bahan organik tinggi, remah dan porous, licin (smeary) dan reaksi tanah antara 4.5 – 6.5. Horizon bawah permukaan berwarna coklat sampai coklat kekuningan dan kadang dijumpai padat tipis akibat semenatsi silika. Tanah ini dijumpai pada daerah dengan bahan induk vulkanis mulai dari pinggiran pantai sampai 3000 m diatas permukaan laut dengan curah hujan yang tinggi serta suhu rendah pada daerah dataran tinggi.
9	Latosol	Tanah yang telah mengalami pelapukan lanjut dengan kandungan bahan organik, mineral primer dan unsur hara rendah, bereaksi masam (pH 4.5 – 5.5), terjadi akumulasi seskuioksida, tanah berwarna merah, coklat kemerahan hingga coklat kekuningan atau kuning. Tanah terdapat mulai dari daerah pantai hingga 900m dengan curah hujan antara 2500 – 7000 mm per tahun.
10	Brunizem	Seperti Latosol, tetapi kejenuhan basa lebih dari 50%.
11	Kambisol	Tanah dengan horizon kambik, atau epipedon umbrik, atau mollik. Tidak ada gejala-gejala hidromorfik (pengaruh air).
12	Nitosol	Tanah dengan penumbuhan liat (horizon argilik). Dari horizon penimbunan liat maksimum ke horizon-horison dibawahnya, kadar liat kurang dari 20%. Mempunyai sifat ortosik (Kapasitas Tukar Kation kurang dari 24 me/100 gr liat).
13	Podsolik	Merupakan tanah sangat tercuci yang

No.	Klasifikasi Tanah	Sifat Tanah
		berwarna abu-abu muda sampai kekuningan pada horizon permukaan sedang lapisan bawah berwarna merah atau kuning dengan kadar bahan organik dan kejenuhan basa yang rendah serta reaksi tanah yang masam sampai sangat masam (pH 4.2 – 4.8). Pada horizon bawah permukaan terjadi akumulasi liat dengan struktur tanah gumpal dengan permeabilitas rendah. Tanah mempunyai bahan induk batu endapan bersilika, napal, batu pasir atau batu liat. Tanah ini dijumpai pada ketinggian antara 50 – 350 m dengan curah hujan antara 2500 – 3500 mm/tahun
14	Podsolik	Merupakan tanah sangat tercuci yang berwarna abu-abu muda sampai kekuningan pada horizon permukaan sedang lapisan bawah berwarna merah atau kuning dengan kadar bahan organik dan kejenuhan basa yang rendah serta reaksi tanah yang masam sampai sangat masam (pH 4.2 – 4.8). Pada horizon bawah permukaan terjadi akumulasi liat dengan struktur tanah gumpal dengan permeabilitas rendah. Tanah mempunyai bahan induk batu endapan bersilika, napal, batu pasir atau batu liat. Tanah ini dijumpai pada ketinggian antara 50 – 350 m dengan curah hujan antara 2500 – 3500 mm/tahun
15	Planosol	Tanah dengan horizon albik yang terletak di atas horizon dengan permeabilitas lambat (misalnya horizon argilik atau natrik yang memperlihatkan perubahan tekstur nyata, adanya liat berat atau pragipan, dan memperlihatkan ciri-ciri hidromorfik sekurang-kurangnya pada sebagian dari horizon albik.
16	Podsol	Tanah dengan bahan organik cukup tinggi yang terdapat diatas lapisan berpasir yang mengalami pencucian

No.	Klasifikasi Tanah	Sifat Tanah
		dan berwarna kelabu pucat atau terang. Dibawah horizon berpasir terdapat horizon iluviasi berwarna coklat tua sampai kemerahan akibat adanya iluviasi bahan organik dengan oksida besi dan aluminium. Tanah ini berkembang dari bahan induk endapan yang mengandung silika, batu pasir atau tufa vulkanik masam. Tanah dijumpai mulai dari permukaan laut sampai 2000 m dengan curah hujan 2500 – 3500 mm/tahun.
17	Oksisol	Tanah dengan pelapukan lanjut dan mempunyai horizon oksik, yaitu horizon dengan kandungan mineral mudah lapuk rendah, fraksi liat dengan aktifitas rendah, Kapasitas Tukar Kation rendah (kurang dari 16me/100 gr liat). Tanah ini juga mempunyai batas-batas horizon yang tidak jelas.

Sumber : Dudal dan Suparptoharjo, 1957

Jenis tanah dilihat dari sifat fisik dan hidrologinya (Avery, 1980 dan Komisi Kehutanan (Kennedy, 2002)) antara lain :

1) Tanah dalam

Jenis tanah ini terdiri atas pasir yang berpori besar yang membantu mempercepat akar mencapai kedalaman tertentu, yang termasuk jenis tanah ini adalah litosol.

2) Tanah Dangkal Batuan

Jenis tanah dimana pada kedalaman kurang dari 1 meter terdapat batuan, namun berdrainase baik. Jika batuan itu berupa batu kapur atau semacam batuan lunak, maka akar masih dapat menembus kedalaman tanah. Termasuk dalam jenis tanah ini adalah rendzina.

3) Tanah Liat Sedang

Jenis tanah ini memiliki kemiripan dengan jenis tanah dalam maupun tanah dangkal tetapi akar tetap dapat berkembang.

4) Tanah Lapisan Kedap

Tanah yang memiliki ukuran partikel besar yang dibatasi lapisan kedap. Tanah ini hanya akan tergenang air pada suatu periode tertentu. Termasuk dalam jenis adalah podsolik.

5) Tanah Dengan Kelembaban Menahan Lapisan Atas

Tanah ini memiliki kandungan air yang cukup sedikit karena tingkat permeabilitas yang rendah sehingga hanya terdapat sedikit akar tanaman yang mampu berkembang untuk mencapai kedalaman tertentu.

6) Tanah Basah Lapisan Bawah

Jenis tanah lempung abu-abu kebiruan yang terjadi di daerah yang memiliki kelembaban tertentu (suhu dingin)

7) Tanah Kaya Organik

Termasuk dalam jenis ini adalah tanah gambut.

2.18 Analisa Aspek Lingkungan.

Analisa aspek lingkungan yang dikaji adalah dampak dari konservasi dengan metode vegetatif dan metode mekanik. Dampak dengan metode vegetatif adalah simpanan air yang tersedia oleh tanaman. Simpanan air yang tersedia oleh tanaman ini ditentukan oleh besarnya faktor simpanan lengas tanah (*soil water storage*). Simpanan lengas tanah adalah jumlah total air yang tersimpan pada perakaran tanaman. Simpanan lengas tanah dipengaruhi oleh tekstur dan struktur tanah serta kedalaman perakaran tanaman.

Besarnya simpanan lengas tanah (SWS) dihitung dengan persamaan :

$$SWS = RD \times AWSC \dots \dots \dots (2.45)$$

Dimana :

SWS = Simpanan Lengas Tanah (mm).

RD = Kedalaman Efektif Perakaran Tanaman (m).

AWSC = Kapasitas Simpanan Air Tersedia (mm/m)

Tabel 2.8 Kapasitas Simpanan Air Tersedia

Tekstur Tanah	Kapasitas Simpanan Air Tersedia (AWSC)		
	(in. Water/in. soil)	(in. Water/ft. soil)	(mm Water/m soil)
Tanah liat	0.21	2.5	200
Lempung liat	0.21	2.5	200
Lumpur lempung	0.21	2.5	208
Lempung liat	0.20	2.4	200
Lempung	0.18	2.1	175
Lempung berpasir baik	0.14	1.7	142
Lempung berpasir	0.12	1.5	125
Pasir liat	0.10	1.2	100
Pasir	0.08	1.0	83

Sumber : Ministry of Agriculture, Food and Fisheries British Columbia (2002).

Untuk dampak dari konservasi metode mekanik adalah penambahan muka air tanah di wilayah studi.

2.19 Analisa Aspek Ekonomi.

Analisa ekonomi yang dilakukan dalam kajian ini membandingkan antara biaya yang dibutuhkan untuk upaya konservasi yang dilakukan (*Cost*) dengan manfaat akibat berkurangnya banjir di bagian hilir yaitu di Kabupaten Serang dan Kabupaten Tangerang. Biaya yang dibutuhkan untuk konservasi (*cost*) meliputi biaya pembelian bibit tanaman, biaya pembuatan embung/situ dan biaya pembuatan pemanenan air hujan (PAH). Dalam kajian ini, perhitungan manfaat dari upaya konservasi berdasarkan :

- ❖ Besarnya kerugian akibat banjir yang meliputi kerusakan fisik yang langsung (*direct physical lost*), kerugian tidak langsung (*indirect lost*), kerugian tidak nyata (*intangible lost*) dan keuntungan perluasan dan pengembangan tanah di masa datang. (Kodatie, 2013).

1. Kerusakan fisik yang langsung (*direct physical lost*) meliputi :

- Permukiman
- Fasilitas Umum (tempat pendidikan, tempat ibadah, rumah sakit dan lain sebagainya).
- Tempat hiburan, rumah makan.

- Perdagangan dan industri, pertanian.
 - Ternak dan kolam ikan atau tambak.
 - Sarana dan prasarana infrastruktur.
 - Alat transportasi (mobil, sepeda motor dan lain sebagainya).
 - Perabot rumah tangga.
 - Sarana dan prasarana pendidikan (bangku sekolah, lemari dan lain sebagainya).
2. Kerusakan tidak langsung (*indirect lost*) akibat banjir adalah gangguan lalu lintas (kemacetan).

Kerugian/kehilangan tidak langsung terdiri antara lain gangguan lalu lintas (kemacetan), kehilangan akibat gangguan pada produktifitas industri, kehilangan yang berasal dari gangguan banjir dan genangan untuk kegiatan pelayanan, biaya operasi mendadak dan lain-lain. Salah satu cara analisis yang dipakai adalah penelitian dari James & Lee (1971) yang menunjukkan nilai-nilai pengali untuk kerugian tidak langsung kurang lebih sebagai berikut :

- | | |
|---------------------|--------|
| a. Pemukiman | : 0.15 |
| b. Pertanian | : 0.10 |
| c. Komersial | : 0.37 |
| d. Industri | : 0.45 |
| e. Bangunan Umum | : 0.34 |
| f. Jalan Raya | : 0.25 |
| g. Jalan Kereta Api | : 0.23 |

(Kodatie, 2013).

3. Kerugian tidak nyata (*intangible lost*).

Kerugian ini meliputi kehilangan nyawa, kehilangan produktifitas, kehilangan kualitas kehidupan yang diakibatkan langsung oleh adanya stress/gelisah/sakit yang meningkat akibat terjadinya banjir (Kodatie, 2013).

- ❖ Keuntungan dari pemanfaatan sarana dan prasarana konservasi yang dibuat. Dimana dengan adanya pemanfaatan tersebut secara langsung dapat

meningkatkan taraf ekonomi masyarakat sekitar. Seperti halnya dengan pembuatan situ/embung dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan dengan keramba.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB 3

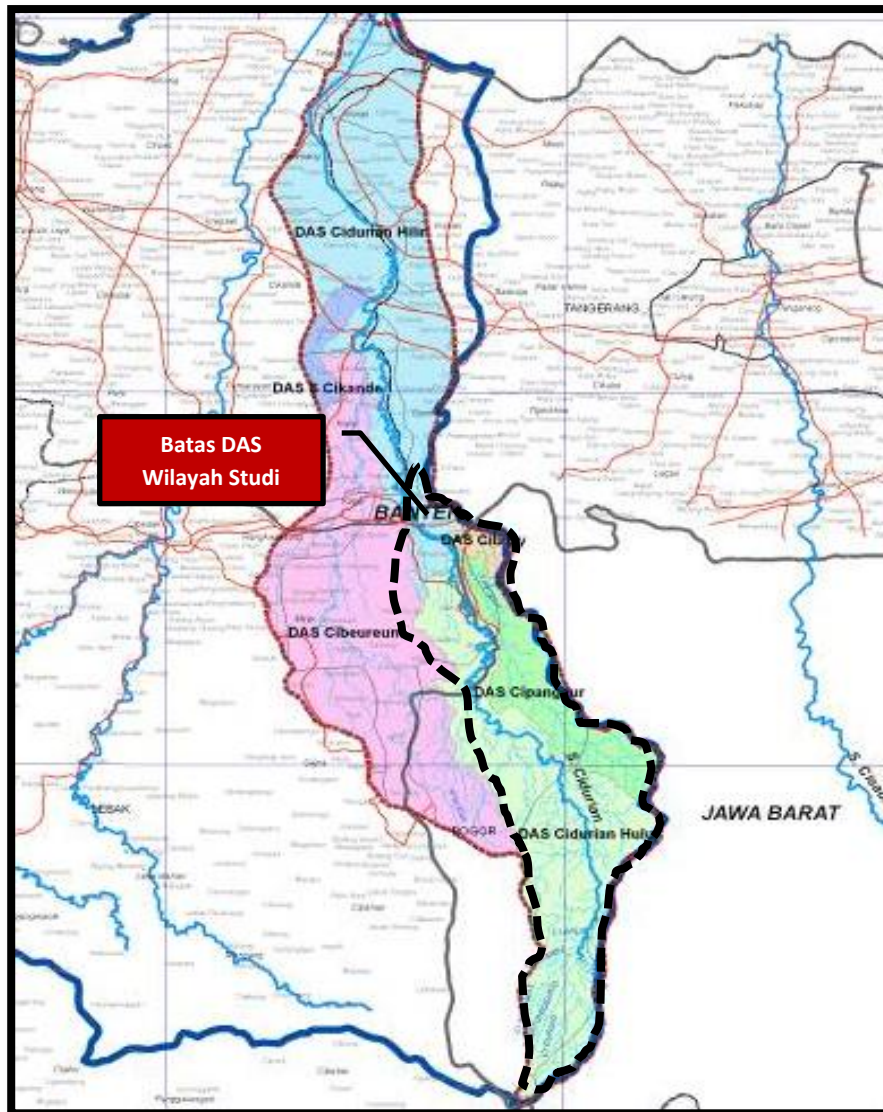
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Kajian ini menitik beratkan pada konservasi sumber daya air di Anak Sungai Cidurian Bagian Hulu untuk mengurangi debit banjir di sungai Cidurian yang berpengaruh terhadap banjir di Kabupaten Serang dan Kabupaten Tangerang. Lokasi konservasi dalam kajian adalah di hulu bendung Rancasumur. Dimana terdapat beberapa DAS yang ada di hulu bendung Rancasumur, antara lain Sub DAS Cidurian Hulu, Sub DAS Cipangaur dan Sub DAS Cilalay. Berdasarkan data debit dari pos duga air di bendung Rancasumur menunjukkan adanya kenaikan debit yang signifikan di sungai Cidurian. Hal ini disebabkan adanya perubahan tata guna lahan yang ada di bagian hulu sungai Cidurian. berdasarkan kondisi tersebut, perlu adanya upaya konservasi sumber daya air baik secara mekanis maupun secara vegetatif. Hasil dari upaya konservasi tersebut diharapkan dapat mengurangi debit banjir di Sungai Cidurian yang dapat berdampak positif pada lingkungan dan keseimbangan ekosistem yang ada.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di anak sungai Cidurian bagian hulu. Lokasi penelitian berada di Kabupaten Serang, Kabupaten Tangerang, Kabupaten Lebak dan Kabupaten Bogor. Lokasi wilayah studi adalah DAS Cidurian di bagian hulu Bendung Rancasumur lihat Gambar 3.1 Peta DAS Waktu penelitian dimulai dari bulan Juli 2016 – Desember 2016.



Gambar 3.1 DAS Cidurian Bagian Hulu Bendung Rancasumur (BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian, 2009).

3.3 Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan gambaran tentang permasalahan dan kondisi yang ada di wilayah studi, diperlukan data-data yang dapat dipertanggung jawabkan untuk menunjang proses penelitian ini. Data-data yang diperlukan meliputi data primer dan data sekunder.

3.2.1. Data Primer

Data ini merupakan data yang diperoleh langsung dari pengamatan, dan pengukuran di lokasi penelitian. Data primer yang diperlukan di lokasi penelitian meliputi foto dokumentasi kondisi sekitar yang berupa jenis tanaman yang banyak ditanam serta jarak tanam antar tanaman yang ada di lokasi studi.

3.2.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak-pihak/instansi terkait yang mengelola di daerah studi. Dapat juga diperoleh dari studi terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini. Data sekunder ini dapat berupa angka dan gambar. Data-data sekunder yang perlu dikumpulkan antara lain data curah hujan, peta (tata guna lahan, topografi, DAS Cidurian), data klimatologi, data debit sungai Cidurian dan data Klimatologi.

- Data Curah Hujan.

Data curah hujan diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian Serang Banten selama 18 tahun dari tahun 1998 – 2015. Data curah hujan ini merupakan data curah hujan harian maksimum dalam tahunan dengan satuan mm.

- Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Cidurian.

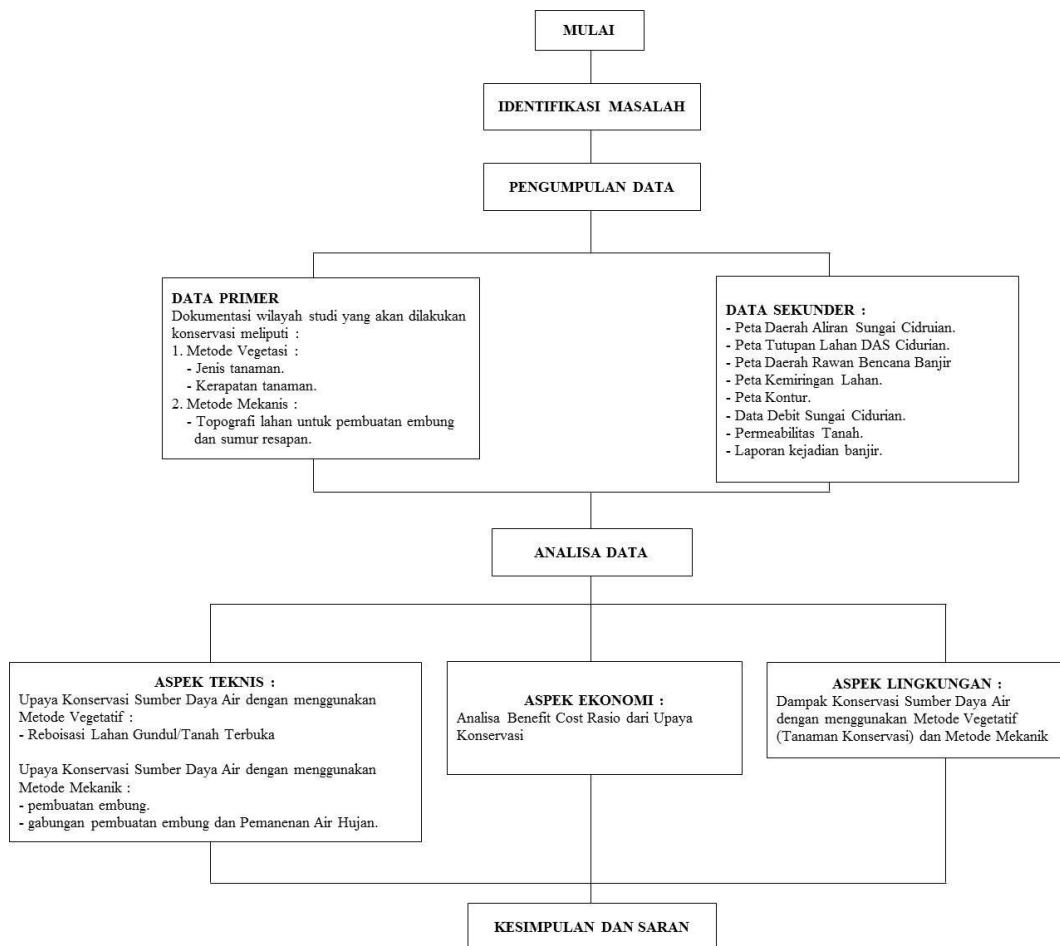
Dari peta tersebut dapat diketahui luas DAS, letak stasiun penakar hujan, klimatologi dan jaringan sungai beserta anak sungai.

- Peta kondisi tutupan lahan DAS Cidurian.

Peta ini digunakan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan dalam beberapa tahun terakhir, khususnya perubahan hutan konservasi menjadi permukiman penduduk maupun lahan pertanian di Daerah Aliran Sungai Cidurian.

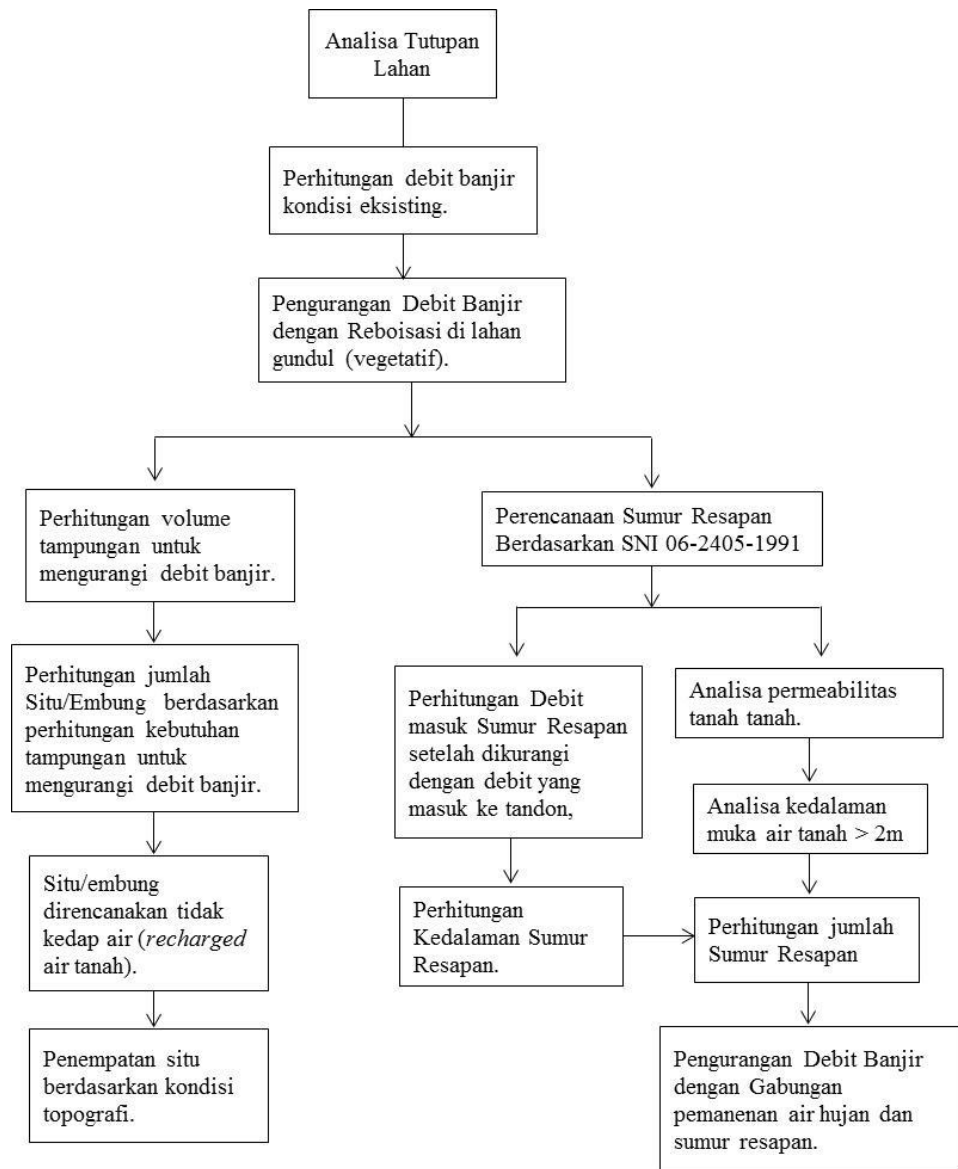
- Debit air sungai Cidurian untuk mengetahui fluktuasi debit air yang terjadi selama kurun waktu tertentu, sehingga dapat diketahui pada tahun berapa mulai terjadinya bencana banjir.

Alur dalam pengerjaan penelitian ini digambarkan dalam diagram seperti yang ada pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Bagian Alir Penelitian

3.4 Analisa Aspek Teknis.



Gambar 3.3 Bagan Alir Analisa Aspek Teknis.

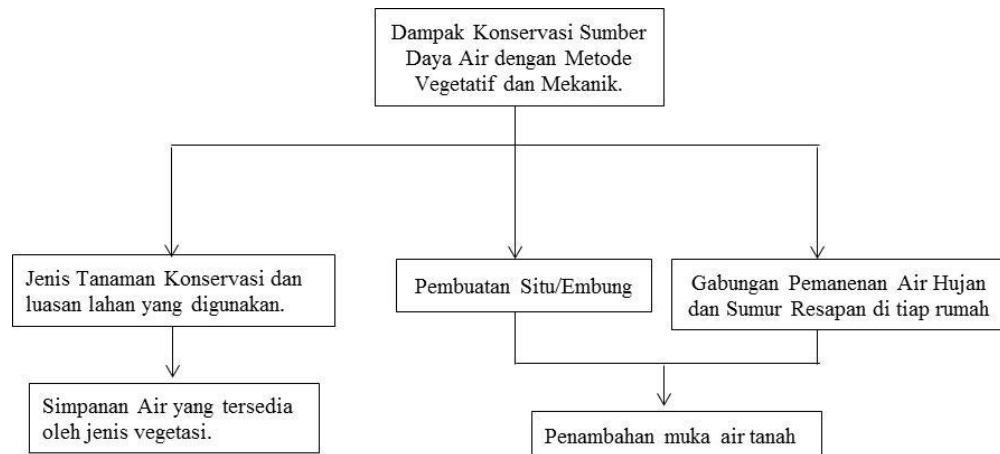
Analisa aspek teknis dalam kajian ini adalah dengan menggunakan metode Mekanis. Tahapan dalam analisa aspek teknis adalah sebagai berikut :

- Alternatif 1

1. Analisa tutupan lahan.
2. Perhitungan debit banjir eksisting.
3. Upaya konservasi dengan reboisasi pada lahan gundul.
4. Perhitungan debit banjir sesudah adanya reboisasi.

5. Menghitung volume tampungan dalam rangka pengurangan debit banjir.
 6. Menentukan kebutuhan embung berdasarkan volume hasil perhitungan kebutuhan tampungan.
 7. Penempatan situ/embung berdasarkan kondisi topografi..
- Alternatif 2
1. Analisa tutupan lahan.
 2. Perhitungan debit banjir eksisting.
 3. Upaya konservasi dengan reboisasi pada lahan gundul.
 4. Perhitungan debit banjir sesudah adanya reboisasi.
 5. Perencanaan gabungan pemanenan air hujan dan sumur resapan sesuai dengan SNI 06-2405-1991. Pemanenan air hujan dilakukan dengan cara mengalirkan air hujan dari atap ke tandon.
 6. Setelah tandon penuh maka kelebihan air akan masuk ke sumur resapan.
 7. Perhitungan kedalaman sumur resapan yang dibutuhkan.
 8. Identifikasi kedalaman muka air tanah.
 9. Penempatan pemanenan air hujan dan sumur resapan sesuai kriteria.
 10. Perhitungan potensi pengurangan debit banjir dengan sumur resapan.

3.5 Analisa Aspek Lingkungan.



Gambar 3.4 Bagan Alir Analisa Aspek Lingkungan.

Analisa aspek lingkungan dalam kajian ini adalah dampak dari konservasi metode Vegetatif dan metode Mekanik. Tahapan dalam analisa lingkungan adalah sebagai berikut :

Metode Vegetatif :

1. Menentukan Kapasitas Simpanan Air Tersedia (AWSC) sesuai dengan jenis tanah dilokasi studi.
2. Menentukan Simpanan Lengas Tanah (SWS) tiap jenis vegetasi.
3. Menghitung Simpanan Air yang tersimpan.

Metode Mekanik :

1. Analisa muka air tanah akibat peresapan buatan (situ/embung) maupun pemanenan air hujan dan sumur resapan.

3.6 Analisa Aspek Ekonomi.

Dalam kajian ini analisa aspek ekonomi adalah membandingkan antara biaya konservasi secara vegetatif dan secara mekanis dengan manfaat berkurangnya banjir. Perhitungan manfaat berdasarkan :

- Kerugian akibat terjadinya banjir :
 - a. Kerusakan fisik langsung (*direct physical lost*).
 - b. Kerugian Tidak Langsung (*indirect lost*).

- c. Kerugian tidak nyata non pasar.
- Pemanfaatan sarana dan prasarana konservasi dalam meningkatkan taraf ekonomi masyarakat sekitar.

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Curah Hujan

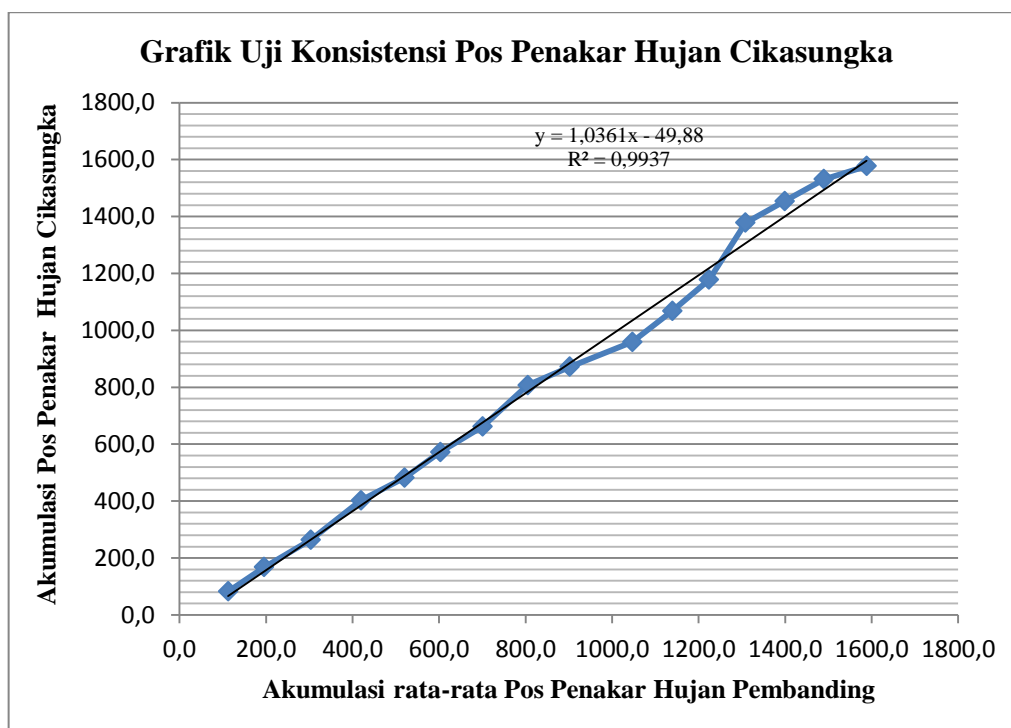
Pengolahan data curah hujan yang dilakukan adalah data curah hujan yang berasal dari pos penakar hujan yang berpengaruh pada DAS wilayah studi. DAS yang ditinjau adalah DAS Cidurian tepatnya di bagian hulu Bendung Rancasumur. Pos penakar hujan yang berpengaruh adalah pos penakar hujan Cikasungka, pos penakar hujan Toge, pos penakar hujan Cisalak Baru, pos penakar hujan Cicinta dan pos penakar hujan Rancasumur. Data curah hujan ini didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian Banten. Data curah hujan yang dianalisa adalah data curah hujan mulai dari tahun 1998 sampai dengan 2013. Berikut adalah tinggi curah hujan harian maksimum tiap pos penakar hujan.

Tabel 4.1 Tinggi curah hujan harian maksimum

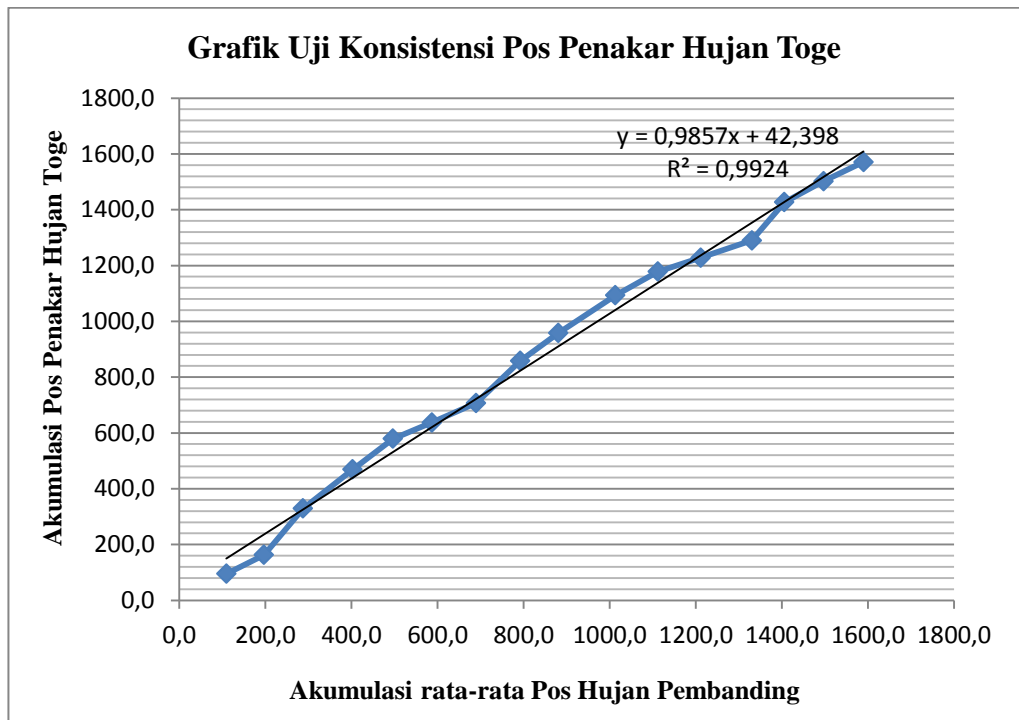
NO	Tahun	Stasiun Penakar Hujan Cikasungka (mm)	Stasiun Penakar Hujan Toge (mm)	Stasiun Penakar Hujan Cicinta (mm)	Stasiun Penakar Hujan Cisalak Baru (mm)	Stasiun Penakar Hujan Rancasumur (mm)
1	1998	82	95	103	92	160
2	1999	86	68	84	86	94
3	2000	96	166	80	98	88
4	2001	138	140	90	127	107
5	2002	80	110	75	123	96
6	2003	90	58	72	121	78
7	2004	90	70	65	122	135
8	2005	145	151	85	80	100
9	2006	65	100	85	133	71
10	2007	87	135	147	187	110
11	2008	109	85	78	146	61
12	2009	110	50	78	112	99
13	2010	200	62	91	101	84
14	2011	76	137	60	86	79
15	2012	77	75	78	114	96
16	2013	46	69	80	82	163

Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian

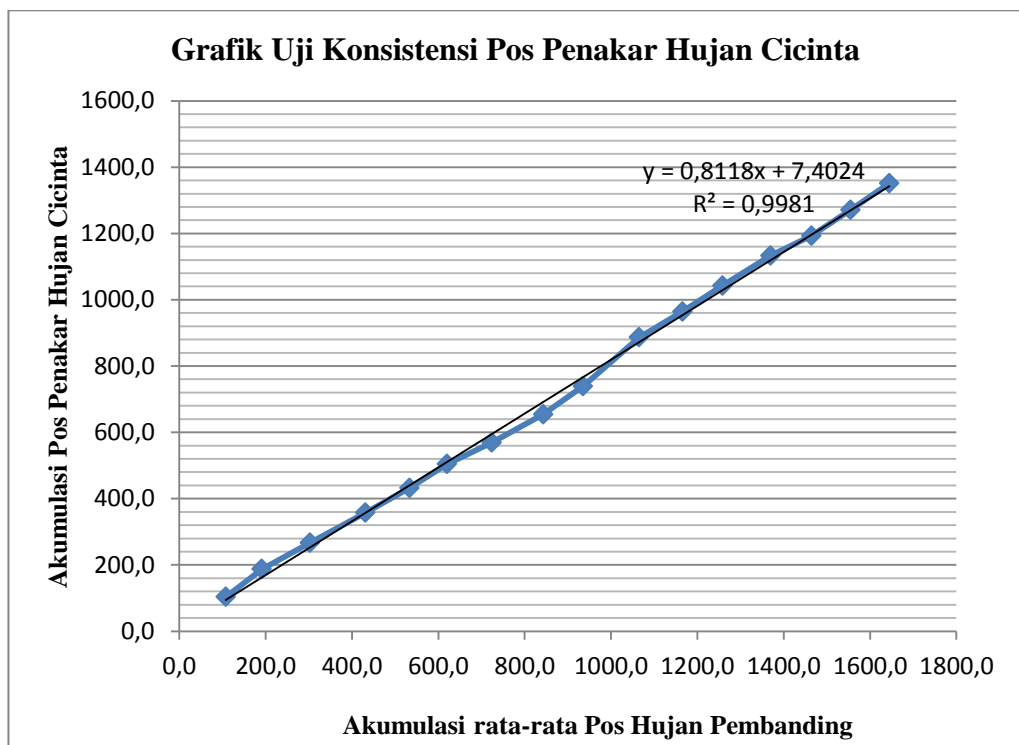
Data curah hujan yang didapat dari pos penakar hujan perlu dilakukan uji konsistensi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan untuk dipakai dalam perencanaan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir atau tidak. Pengujian konsistensi data curah hujan ini dengan menggunakan Lengkung Massa Ganda (*double mass curve*). Lengkung massa Ganda (*double mass curve*) adalah pengujian antara dua atau lebih data curah hujan tiap pos yang dirata-ratakan (sebagai sumbu x) terhadap suatu data curah hujan pada pos yang ingin diuji konsistensinya (sebagai sumbu y). Berikut adalah hasil dari uji konsistensi data curah hujan masing-masing pos penakar hujan dengan menggunakan Lengkung massa Ganda (*double mass curve*).



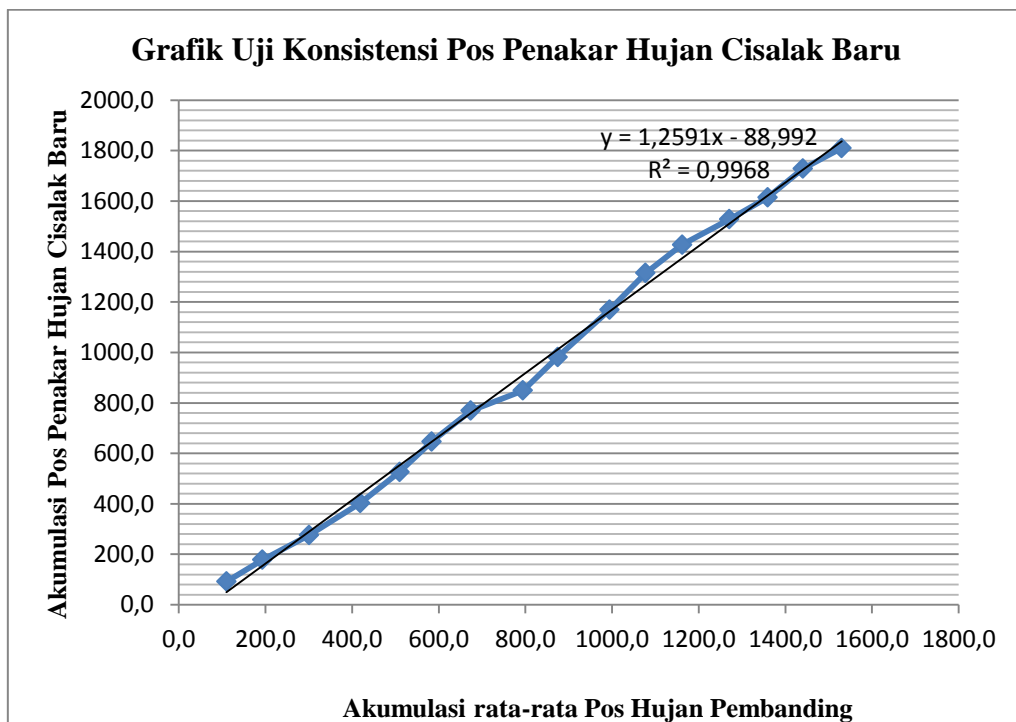
Gambar 4.1 Uji konsistensi data curah hujan pos penakar hujan Cikasungka



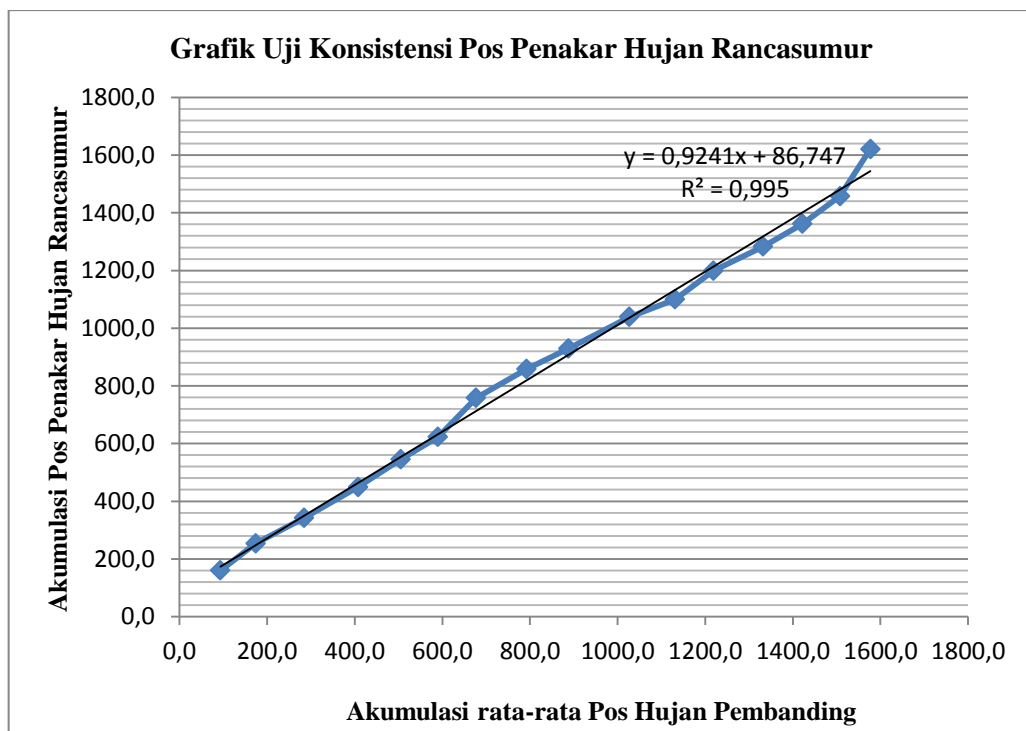
Gambar 4.2 Uji konsistensi data curah hujan pos penakar hujan Toge



Gambar 4.3 Uji konsistensi data curah hujan pos penakar hujan Cicinta



Gambar 4.4 Uji konsistensi data curah hujan pos penakar hujan Cisalak Baru



Gambar 4.5 Uji konsistensi data curah hujan pos penakar hujan Rancasumur

Berdasarkan trend Lengkung Massa Ganda (*double mass curve*) dari lima (5) pos penakar hujan tersebut masing-masing mempunyai nilai R^2 yang mendekati nilai 1. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa tidak ada penyimpangan data dari pos penakar hujan.

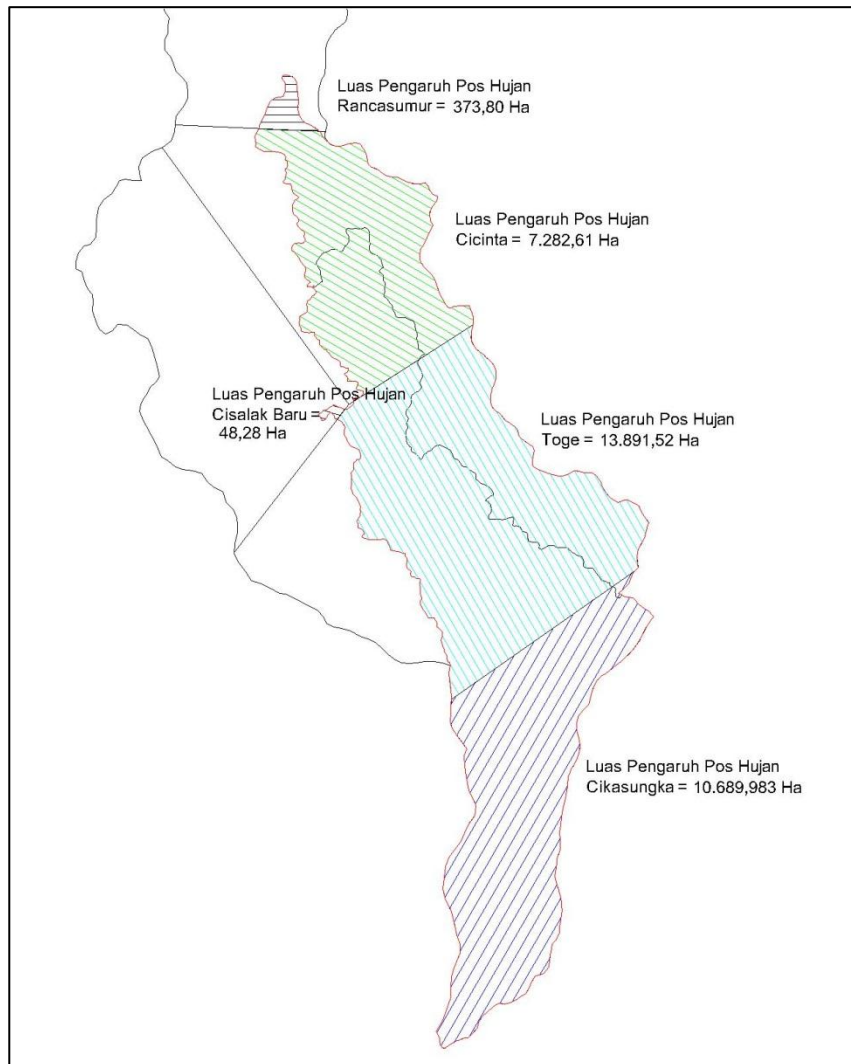
4.2 Perhitungan Curah Hujan Wilayah dengan Metode Thiesen Polygon.

Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan. Perlunya menghitung curah hujan wilayah adalah untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir (Sosrodarsono & Takeda, 1977).

Dalam menentukan besarnya curah hujan rencana suatu daerah aliran sungai, perlu dilakukan analisis hujan kawasan terhadap data curah hujan dari pos penakar hujan. Analisis ini dilakukan karena data hujan yang didapat dari pos penakar hujan merupakan data curah hujan titik (*Point Rainfall*). Metode yang dipakai dalam analisis ini adalah metode Thiesen Polygon. Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat (Suripin, 2004). Berikut adalah luasan daerah pengaruh polygon thiesen dari tiap-tiap pos penakar hujan yang berpengaruh di DAS Cidurian bagian hulu bendung Rancasumur.

Tabel 4.2 Luas Daerah Pengaruh Polygon Thiesen

No	Penakar Hujan	Luas Pengaruh		Perbandingan Luas
		Ha	Km ²	
1	Cikasungka	10689,98	106,899	0,332
2	Toge	13891,52	138,915	0,430
3	Cicinta	7282,61	72,826	0,226
4	Cisalak Baru	48,20	0,482	0,001
5	Rancasumur	362	3,620	0,011
JUMLAH			322,742	1,00



Gambar 4.6 Polygon Theisen DAS Cidurian Bagian Hulu bendung Rancasumur

Luas pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan terhadap DAS yang ditinjau tersebut kemudian digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan rata-rata wilayah.

Perhitungan curah hujan rata-rata wilayah berdasarkan persamaan (2.3) :

$$R_{ave} = \sum_i^n \frac{A_n}{A} R_n + \sum_i^m \frac{A_m}{A} R_m$$

A_n = Luas Daerah Pengaruh Pos Penakar Hujan n (Ha)

A = Luas total Das (Ha)

R_n = Tinggi hujan di Pos Penakar Hujan n (mm)

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata wilayah dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Perhitungan curah hujan wilayah metode Thiesen Polygon

NO	Kejadian			Pos Hujan Cikasungka (mm)	Pos Hujan Toge (mm)	Pos Hujan Cicinta (mm)	Pos Hujan Cisalak Baru (mm)	Pos Hujan Rancasumur (mm)	R Thiesen (mm)	Hujan Harian Maksimum	Setelah Di ranking (mm)
	Tahun	Bulan	Tanggal								
1	1998	Mei	24	82	36	0	0	0	56,00	71,97	187,00
		Mei	29	0	95	29,5	0	42,4	71,97		
		September	24	4	6	103	0	76	28,04		
		Oktober	18	32	22	0	92	0	26,48		
		Februari	20	18	2	0	14	160	11,18		
2	1999	Juni	30	86	30	0	0	4	53,62	53,62	139,13
		Januari	11	40	68	1	2	0	43,23		
		Juli	20	19	0	84	10	78	45,89		
		Oktober	25	22	10	22,5	86	0	16,99		
		Juli	19	64	25	0	6	94	42,64		
3	2000	September	09	96	24	0	0	0	55,31	129,47	135,00
		September	18	82	166	0	0	0	129,47		
		Januari	26	5	3	80	35	77,3	21,92		
		Mei	10	55	152	0	98	0	109,79		
		Mei	18	5	0	62,5	0	88	29,48		
4	2001	Mei	25	138	140	0	0	0	139,13	139,13	133,00
		Mei	25	138	140	0	0	0	139,13		
		Januari	23	0	88	90	0	78	88,51		
		Februari	7	78	0	7	127	60	49,65		
		Nopember	11	25	5	0	0	107	15,05		
5	2002	Januari	29	80	25	21	16	52,4	42,61	73,46	129,47
		Februari	17	38	110	45	30	0	70,93		
		September	28	0	0	75	2	52	73,46		
		April	09	0	30	0	123	77,2	31,51		
		Maret	28	49	25	50	0	96	39,41		
6	2003	Februari	19	90	0	0	48	0	89,81	89,81	110,78
		Januari	26	0	58	0	0	0	58,00		
		April	22	0	15	72	0	45	35,37		
		September	06	20	17	0	121	0	18,51		
		Nopember	20	0	0	0	0	78	1,13		
7	2004	Februari	19	90	0	65	45	0	79,78	135,00	92,90
		Desember	27	60	70	0	70	43	65,33		
		Februari	19	90	0	65	45	0	79,78		
		April	21	35	43	0	122	30	39,54		
		Februari	21	0	0	0	0	135	135,00		
8	2005	Maret	06	145	151	15	0	16	116,76	116,76	89,81
		Maret	06	145	151	15	0	16	116,76		
		Juni	19	0	0	85	0	0	85,00		
		Januari	23	0	0	0	80	0	80,00		
		September	29	0	0	0	0	100	100,00		
9	2006	Januari	17	65	100	25	0	0	71,12	133,00	88,89
		Januari	17	65	100	25	0	0	71,12		
		Desember	02	5	7	85	7	0	24,13		
		Juli	30	0	0	0	133	0	133,00		
		Januari	18	0	0	30	6	71	31,78		
10	2007	Januari	29	87	135	37	0	18	95,62	187,00	75,81
		Januari	29	87	135	37	0	18	95,62		
		April	28	2,5	0	147	0	36	60,56		
		Desember	06	0	0	0	187	0	187,00		
		Juni	02	0	0	49	0	110	21,64		
11	2008	Januari	01	109	25	12	25	0	50,17	58,81	73,75
		April	20	25	85	0	11	0	58,81		
		Nopember	24	2	0	78	0	51	33,16		
		Agustus	02	18	54	0	146	0	38,56		
		Oktober	12	0	24	0	0	61	14,25		
12	2009	Nopember	24	110	0	4	0	17	66,06	66,06	68,34
		Nopember	13	26	50	0	12	6	39,02		
		Nopember	26	0	7	78	13	0	31,38		
		Februari	03	23	0	6	112	0	16,37		
		Nopember	25	10	14	27	0	99	16,57		
13	2010	Nopember	24	200	9	31	10	37	77,54	88,41	59,93
		September	14	16	62	27	9	14	38,25		
		Agustus	18	0	0	91	16	46	88,41		
		Oktober	28	5	18	0	101	0	12,52		
		Juli	14	0	0	39	12	84	40,95		
14	2011	Agustus	14	76	60	0	18	0	66,86	95,35	58,81
		Desember	27	21	137	0	9	0	86,40		
		Januari	10	0	2	60	66	65	22,77		
		Nopember	18	3	0	0	86	8	95,35		
		September	09	0	0	38	0	79	39,94		

Sumber : hasil perhitungan

Lanjutan Tabel 4.3

NO	Kejadian			Pos Hujan Cikasungka (mm)	Pos Hujan Toge (mm)	Pos Hujan Cikinta (mm)	Pos Hujan Cisalak Baru (mm)	Pos Hujan Rancasumur (mm)	R Thiessen (mm)	Hujan Harian Maksimum	Setelah Di ranking (mm)
	Tahun	Bulan	Tanggal								
15	2012	April	14	77	55	0	0	6	63,72	75,99	53,60
		Mei	06	56	75	0	43	4	65,78		
		Januari	14	44	65	78	21	79	61,07		
		Januari	13	50	35	4	114	11	32,82		
		Februari	04	0	0	75	0	96	75,99		
16	2013	Januari	14	46	0	4	29	11	28,63	40,31	38,93
		Januari	12	19	69	17	18	0	40,31		
		Maret	05	7	8	80	28	73	24,67		
		Januari	09	42	21	55	82	0	35,89		
		Januari	10	7	0	45	66	163	25,28		
Jumlah				3134,5	3059	2271,5		2868,3	4711		
Rata - Rata				39,18	38,24	28,39		35,85	58,89		

Sumber : hasil perhitungan

4.3 Perhitungan Curah Hujan Rencana.

Hasil dari perhitungan curah hujan rata-rata wilayah dengan metode Thiesen Polygon kemudian dilakukan analisa perhitungan curah hujan rencana. Tujuan dari perhitungan curah hujan rencana adalah untuk memperoleh besarnya curah hujan dengan beberapa periode ulang. Periode ulang yang dihitung adalah periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 th. Pada kajian ini metoda yang dipakai adalah Metode Distribusi Log Pearson Type III dan Metode Distribusi Pearson Type III.

4.3.1. Metode Distribusi Log Pearson Type III.

Hasil perhitungan dengan metode distribusi Log Pearson Type III dapat dilihat pada Tabel. 4.4 dan Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.4 Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Distribusi Log Pearson Type III

Ranking	R (mm)	$R = \log R$	$\log R - \log \bar{R}$	$(\log R - \log \bar{R})^2$	$(\log R - \log \bar{R})^3$
1	187,00	2,272	0,325	0,1058	0,0344139
2	139,13	2,143	0,197	0,0388	0,0076280
3	135,00	2,130	0,184	0,0338	0,0062054
4	133,00	2,124	0,177	0,0314	0,0055716
5	129,47	2,112	0,166	0,0274	0,0045412
6	110,78	2,044	0,098	0,0096	0,0009381
7	92,90	1,968	0,021	0,0005	0,0000099
8	89,81	1,953	0,007	0,0000	0,0000003
9	88,89	1,949	0,002	0,0000	0,0000000
10	75,81	1,880	-0,067	0,0045	-0,0002985
11	73,75	1,868	-0,079	0,0062	-0,0004893
12	68,34	1,835	-0,112	0,0125	-0,0013999
13	59,93	1,778	-0,169	0,0285	-0,0048199
14	58,81	1,769	-0,177	0,0314	-0,0055540
15	53,60	1,729	-0,217	0,0473	-0,0102771
16	38,93	1,590	-0,356	0,1269	-0,0452157
Jumlah		31,1451		0,5045	-0,0087459
Rata-rata	($\log \bar{R}$)	1,9466			
σ_x					0,183
n					16
Cs					-0,11

Tabel 4.5 Periode Ulang Hujan Metode Distribusi Log Pearson Type III

PUH (Th)	σ_x	K _x	K _x * σ_x	X _t	R _t (mm/24 jam)
2	0,183	0,017	0,003	1,950	89,061
5	0,183	0,836	0,153	2,100	125,862
10	0,183	1,270	0,233	2,179	151,179
25	0,183	1,716	0,315	2,261	182,510
50	0,183	2,000	0,367	2,313	205,766
100	0,183	2,252	0,413	2,360	228,871

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.2. Metode Distribusi Pearson Type III

Hasil perhitungan dengan metode distribusi Pearson Type III dapat dilihat pada Tabel. 4.6 dan Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.6 Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Distribusi Pearson Type III

Ranking	R (mm)	(R - \bar{R})	(R - \bar{R}) ²	(R - \bar{R}) ³
1	187,00	91	8290,38	754851,92
2	139,13	43	1864,67	80519,58
3	135,00	39	1525,02	59554,45
4	133,00	37	1372,82	50864,93
5	129,47	34	1123,71	37668,86
6	110,78	15	219,98	3262,72
7	92,90	-3	9,27	-28,23
8	89,81	-6	37,66	-231,14
9	88,89	-7	49,76	-351,04
10	75,81	-20	405,44	-8163,77
11	73,75	-22	492,70	-10936,54
12	68,34	-28	761,96	-21032,79
13	59,93	-36	1297,26	-46723,97
14	58,81	-37	1379,00	-51208,97
15	53,60	-42	1793,48	-75953,29
16	38,93	-57	3250,80	-185346,77
Jumlah	1535		23873,92	586745,97
Rata-rata (\bar{R})	95,95			
σ_x				39,895
n				16
Cs				0,70

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.7 Periode Ulang Hujan Metode Distribusi Pearson Type III

PUH (Th)	σx	Kx	Kx* σx	Rt (mm/24 jam)
2	39,895	-0,116	-4,628	91,32
5	39,895	0,790	31,517	127,47
10	39,895	1,333	53,180	149,13
25	39,895	1,967	78,473	174,42
50	39,895	2,407	96,027	191,98
100	39,895	2,824	112,663	208,61

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4 Uji Keselarasan Distribusi

Perlunya uji keselarasan distribusi adalah untuk menentukan apakah distribusi yang dipilih sudah dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Uji keselarasan distribusi yang akan dilakukan meliputi uji keselarasan Chi Kuadrat dan uji keselarasan Smirnov Kolmogorov.

4.4.1. Uji Keselarasan Chi Kuadrat.

Dasar dari pengujian Chi Kuadrat ini adalah jumlah pengamatan terhadap data yang dibagi menjadi beberapa kelas. Pengujian ini menggunakan parameter χ^2 yang dihitung dengan menggunakan persamaan 2.19 berikut ini.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

χ^2 = parameter Chi Kuadrat terhitung.

G = jumlah sub kelompok.

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke 1.

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke 1.

Kriteria penilaiannya adalah sebagai berikut :

- Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.

- Apabila peluang lebih kecil dari 1% - 5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, perlu penambahan data.

Berikut adalah hasil dari uji keselarasan Chi Kuadrat untuk distribusi Log pearson type III dan Pearson type III.

a) Uji Keselarasan Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson Type III.

Dari tabel 4.8, didapatkan standart deviasi sebesar 0.183 dan rata-rata logaritma data hujan sebesar 1.947. Dari hasil tersebut didapatkan persamaan garis lurus nya yaitu :

$X = 1,947 + 0,183 K$, dimana K merupakan variabel reduksi gauss.

Tabel 4.8 Nilai Logaritma dari tinggi hujan rata-rata wilayah

No.	Log R	
1.	2,272	
2.	2,143	
3.	2,130	
4.	2,124	
5.	2,112	
6.	2,044	$\bar{R} = 1,947$
7.	1,968	$Sd = 0,183$
8.	1,953	
9.	1,949	
10.	1,880	
11.	1,868	
12.	1,835	
13.	1,778	
14.	1,769	
15.	1,729	
16.	1,590	

Sumber : hasil perhitungan.

Jumlah kelas (G) = $1 + 3,322 \log N$, dimana N adalah banyaknya data curah hujan. Didapat jumlah kelas (G) adalah 5 kelas. Pembagian sub grup nya adalah sebagai berikut.

- Peluang 80%

$$x = 1,947 + 0,183 \cdot (-0,84)$$

$$= 1,793$$
- Peluang 60%

$$x = 1,947 + 0,183 \cdot (-0,25)$$

$$= 1,901$$
- Peluang 40%

$$x = 1,947 + 0,183 \cdot (0,25)$$

$$= 1,992$$
- Peluang 20%

$$x = 1,947 + 0,183 \cdot (0,84)$$

$$= 2,101$$

Sehingga,

1. Sub Grup I = $x \leq 1,793$
2. Sub Grup II = $1,793 < x < 1,901$
3. Sub Grup III = $1,901 < x < 1,992$
4. Sub Grup IV = $1,992 < x < 2,101$
5. Sub Grup V = $2,101 > x$

Selanjutnya dilakukan perhitungan parameter Chi Kuadrat Hitung (x^2h) sebagaimana tersaji dalam tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Perhitungan parameter (x^2h) untuk Distribusi Log Pearson Type III.

No.	Nilai Batas Sub Kelompok	Jumlah Data		$O_i - E_i$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
		O_i	E_i		
1	$X \leq 1,793$	4	3,20	0,80	0,200
2	$1,793 < X \leq 1,901$	3	3,20	-0,20	0,013
3	$1,901 < X \leq 1,992$	3	3,20	-0,20	0,013
4	$1,992 < X \leq 2,101$	1	3,20	-2,20	1,513
5	$2,101 > X$	5	3,20	1,80	1,013
Jumlah		16,00	16,00		2,750

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapat nilai parameter Chi Kuadrat Hitung (x^2h) sebesar 2,750. Dengan nilai Derajat Kebebasan = 2 ($dk = G-R-1$) dan dengan peluang 5% didapat nilai dari tabel Chi Kuadrat

sebesar 5,991. Dalam hal ini Distribusi Log Pearson Type III dapat diterima karena peluang yang didapat lebih besar dari 5% ($5,991 > 2,750$).

b) Uji Keselarasan Chi Kuadrat untuk Distribusi Pearson Type III.

Dari tabel 4.10, didapatkan standart deviasi sebesar 39. 895 dan rata-rata logaritma data hujan sebesar 95.948. Dari hasil tersebut didapatkan persamaan garis lurusnya yaitu :

$$X = 95,948 + 39,895 K, \text{ dimana } K \text{ merupakan variabel reduksi gauss.}$$

Tabel 4.10 Nilai dari tinggi hujan rata-rata wilayah

No.	R (mm)	
1.	187,00	
2.	139,13	
3.	135,00	
4.	133,00	
5.	129,47	
6.	110,78	$\bar{R} = 95,948$
7.	92,90	$Sd = 39,895$
8.	89,81	
9.	88,89	
10.	75,81	
11.	73,75	
12.	68,34	
13.	59,93	
14.	58,81	
15.	53,60	
16.	38,93	

Sumber : hasil perhitungan

Jumlah kelas (G) = $1 + 3,322 \log N$, dimana N adalah banyaknya data curah hujan. Didapat jumlah kelas (G) adalah 5 kelas. Pembagian sub grupnya adalah sebagai berikut.

- Peluang 80%

$$x = 95,948 + 39,895 \cdot (-0,84) \\ = 62,437$$

- Peluang 60%

$$x = 95,948 + 39,895 \cdot (-0,25) \\ = 85,975$$

- Peluang 40%

$$x = 95,948 + 39,895 \cdot (0,25) \\ = 105,922$$

- Peluang 20%

$$x = 95,948 + 39,895 \cdot (0,84) \\ = 129,460$$

Sehingga,

1. Sub Grup I $= x \leq 62,437$
2. Sub Grup II $= 62,437 < x < 85,975$
3. Sub Grup III $= 85,975 < x < 105,922$
4. Sub Grup IV $= 105,922 < x < 129,460$
5. Sub Grup V $= 129,460 > x$

Selanjutnya dilakukan perhitungan parameter Chi Kuadrat Hitung (x^2h) sebagaimana tersaji dalam tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Perhitungan parameter (x^2h) untuk Distribusi Pearson Type III.

No.	Nilai Batas Sub Kelompok	Jumlah Data		$O_i - E_i$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
		O_i	E_i		
1	$X \leq 62.44$	4	3,20	0,80	0,200
2	$62.44 < X \leq 85.97$	3	3,20	-0,20	0,013
3	$85.97 < X \leq 105.92$	3	3,20	-0,20	0,013
4	$105.92 < X \leq 129.46$	1	3,20	-2,20	1,513
5	$129.46 > X$	5	3,20	1,80	1,013
Jumlah		16,00	16,00		2,750

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapat nilai parameter Chi Kuadrat Hitung (x^2h) sebesar 2,750. Dengan nilai Derajat Kebebasan = 2 ($dk = G-R-1$) dan dengan peluang 5% didapat nilai dari tabel Chi Kuadrat

sebesar 5,991. Dalam hal ini Distribusi Pearson Type III dapat diterima karena peluang yang didapat lebih besar dari 5% ($5,991 > 2,750$).

4.4.2. Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorov.

Dasar pengujian keselarasan ini adalah membandingkan probabilitas tiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis. Perbedaan maksimum yang dihitung (D_{maks}) dibandingkan dengan perbedaan kritis (D_0) untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variat tertentu. Syarat dari pengujian ini adalah apabila $D_{maks} < D_0$, maka distribusi yang dipilih dapat diterima.

Berikut adalah hasil dari uji keselarasan Smirnov Kolmogorof untuk distribusi Log pearson type III dan Pearson type III.

a) Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorof untuk Distribusi Log Pearson Type III.

Tabel 4.12 Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorov untuk Distribusi Log Pearson Type III.

$R \text{ (mm)}$	m	$P(x) = m/(n+1)$	$P(x<)$	$f(t)=(x-xrata2)/sd$	$P'(x)$	$P'(x<)$	D
1	2	3	4=nilai 1 - kol. 3	5	6	7=nilai 1 - kol. 6	8=7-4
2,27	1	0,06	0,94	1,774	0,039	0,961	0,020
2,14	2	0,12	0,88	1,073	0,143	0,857	-0,025
2,13	3	0,18	0,82	1,002	0,159	0,841	0,017
2,12	4	0,24	0,76	0,967	0,166	0,834	0,069
2,11	5	0,29	0,71	0,903	0,185	0,815	0,109
2,04	6	0,35	0,65	0,534	0,299	0,701	0,054
1,97	7	0,41	0,59	0,117	0,457	0,543	-0,045
1,95	8	0,47	0,53	0,037	0,484	0,516	-0,013
1,95	9	0,53	0,47	0,013	0,496	0,504	0,033
1,88	10	0,59	0,41	-0,364	0,641	0,359	-0,053
1,87	11	0,65	0,35	-0,430	0,667	0,333	-0,020
1,83	12	0,71	0,29	-0,610	0,730	0,270	-0,024
1,78	13	0,76	0,24	-0,921	0,822	0,178	-0,057
1,77	14	0,82	0,18	-0,966	0,832	0,168	-0,008
1,73	15	0,88	0,12	-1,185	0,881	0,119	0,001
1,59	16	0,94	0,06	-1,943	0,974	0,026	-0,033

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan tabel 4.13 diatas, nilai D_{maks} adalah 0,109. Nilai D_0 untuk jumlah data = 16 adalah 0,33. D_{maks} ($0,109$) $<$ D_0 ($0,33$), maka dapat disimpulkan bahwa Distribusi Log Pearson Type III dapat diterima.

b) Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorof untuk Distribusi Pearson Type III.

Tabel 4.13 Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorov untuk Distribusi Pearson Type III.

$x \text{ (mm)}$	m	$P(x) = m/(n+1)$	$P(x<)$	$f(t)=(x-xrata2)/sd$	$P'(x)$	$P'(x<)$	D
1	2	3	4=nilai 1-kol. 3	5	6	7=nilai 1 -kol.6	8=7-4
187,00	1	0,06	0,94	2,282	0,012	0,988	0,047
139,13	2	0,12	0,88	1,082	0,141	0,859	-0,023
135,00	3	0,18	0,82	0,979	0,166	0,834	0,010
133,00	4	0,24	0,76	0,929	0,179	0,821	0,056
129,47	5	0,29	0,71	0,840	0,201	0,799	0,093
110,78	6	0,35	0,65	0,372	0,356	0,644	-0,003
92,90	7	0,41	0,59	-0,076	0,528	0,472	-0,116
89,81	8	0,47	0,53	-0,154	0,560	0,440	-0,089
88,89	9	0,53	0,47	-0,177	0,568	0,432	-0,039
75,81	10	0,59	0,41	-0,505	0,695	0,305	-0,107
73,75	11	0,65	0,35	-0,556	0,713	0,287	-0,066
68,34	12	0,71	0,29	-0,692	0,755	0,245	-0,049
59,93	13	0,76	0,24	-0,903	0,816	0,184	-0,051
58,81	14	0,82	0,18	-0,931	0,824	0,176	0,000
53,60	15	0,88	0,12	-1,062	0,856	0,144	0,026
38,93	16	0,94	0,06	-1,429	0,924	0,076	0,017

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan tabel 4.14 diatas, nilai D_{maks} adalah 0,093. Nilai D_o untuk jumlah data = 16 adalah 0,33. $D_{maks} (0,093) < D_o (0,33)$, maka dapat disimpulkan bahwa Distribusi Pearson Type III dapat diterima.

4.5 Analisa tutupan lahan dan topografi DAS di wilayah studi.

4.5.1. Analisa jenis tutupan lahan di DAS wilayah studi.

Jenis tutupan lahan daerah aliran sungai Cidurian bagian hulu bendung Rancasumur terdiri dari Hutan Lahan Kering Primer, Hutan Lahan Kering Sekunder, Hutan Tanaman, Perkebunan, Permukiman, Pertanian Lahan Kering dan Pertanian Lahan Kering Campur, Sawah. Pada wilayah studi, prosentase jenis tutupan lahan terbesar adalah pertanian lahan kering campur yaitu 30,78%. Berdasarkan peta tutupan lahan tahun 2014 dari Balai Pengelolaan DAS Citarum Ciliwung dan update dari *google earth* tahun 2016, luas dari masing-masing tutupan lahan seperti pada tabel 4.15 berikut ini.

Tabel 4.14 Jenis dan Luas Tutupan Lahan di DAS wilayah studi

Jenis Tutupan Lahan	Luas (Ha)
Hutan Lahan Kering Primer	1399,11
Hutan Lahan Kering Sekunder	2458,46
Hutan Tanaman	3172,25
Perkebunan	4341,38
Permukiman	1196,55
Pertanian Lahan Kering	6411,49
Pertanian Lahan Kering Campur	9936,65
Sawah	2978,06
TOTAL	32274,81

sumber : Peta Tutupan Lahan 2014 dari BPDAS Citarum Ciliwung dan *Google Earth* 2016 diolah.

Selanjutnya dilakukan digitasi dengan membuat polygon terhadap peta *google earth* untuk menganalisa lahan terbuka/gundul di wilayah studi. Polygon yang terbentuk selanjutnya akan dilakukan *overlay* berdasarkan koordinat pada peta tutupan lahan yang ada. Untuk dapat melakukan *overlay* tersebut, perlu dilakukan konversi dari polygon yang dibuat dari format *kml* menjadi format *dxf*. Konversi tersebut dilakukan dengan menggunakan *web online* yaitu www.gisconvert.com lihat gambar 4.8



Gambar 4.7 Web online (www.gisconvert.com)

Identifikasi dari peta *google* dilakukan untuk jenis tutupan lahan berupa permukiman, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur, hutan tanaman dan hutan lahan kering sekunder. Luasan dari permukiman pada tabel 4.15 diatas merupakan hasil pembaruan dari peta *google earth*. Identifikasi luasan permukiman seperti terlihat dalam gambar 4.7.



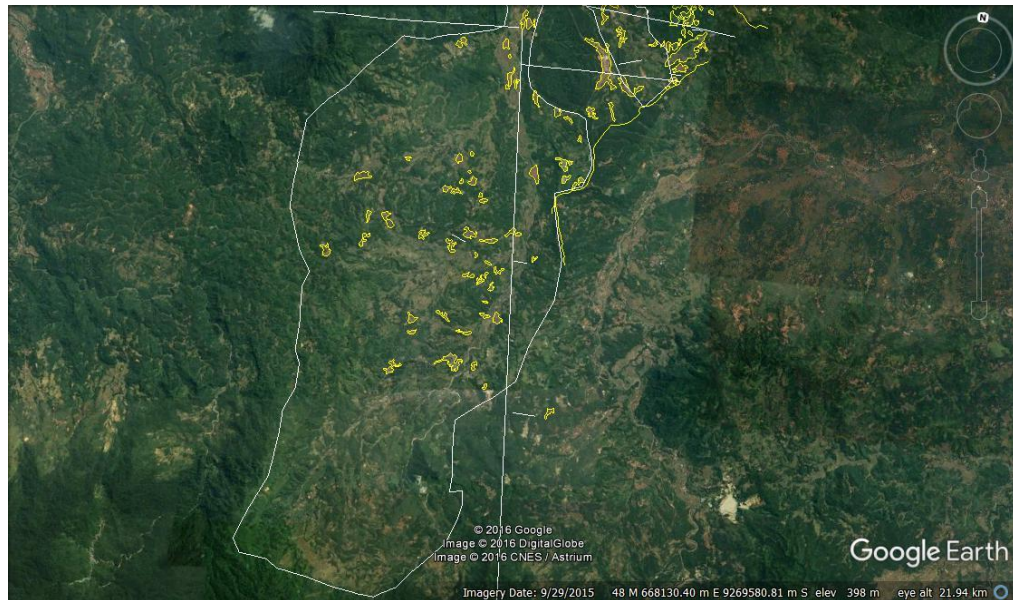
Gambar 4.8 Identifikasi Permukiman (*google earth*)

Identifikasi lahan gundul/tanah terbuka pada hutan lahan kering sekunder seperti terlihat dalam gambar 4.8

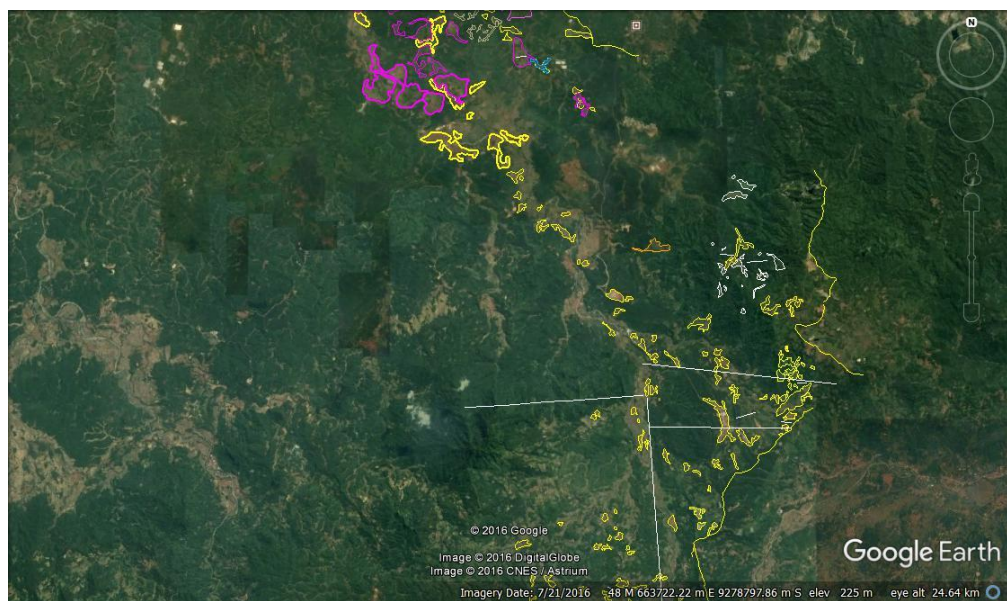


Gambar 4.9 Identifikasi Lahan Gundul/Tanah Terbuka pada Hutan Lahan Kering Sekunder (*google earth*).

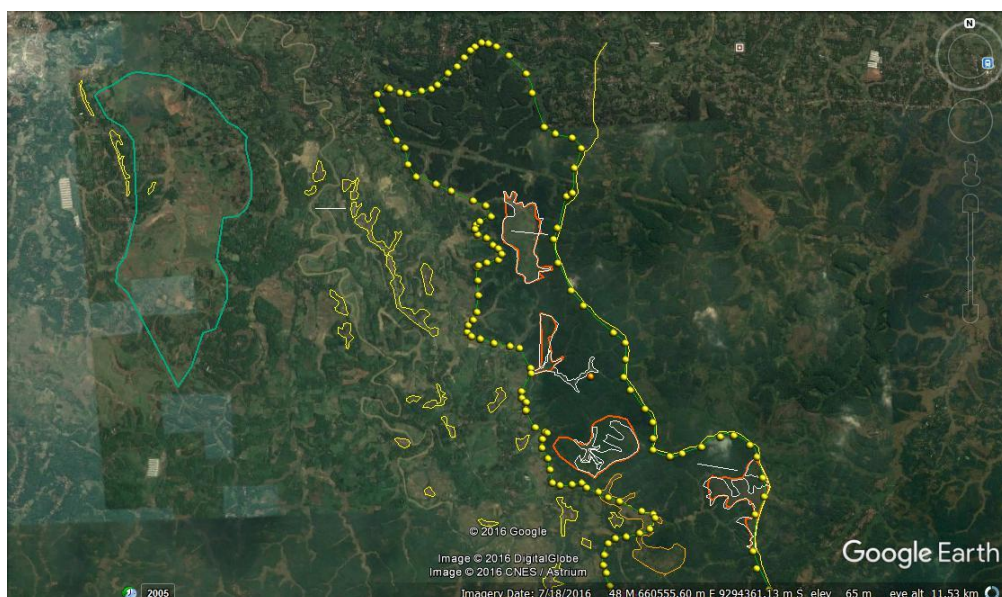
Lahan gundul/tanah terbuka juga terjadi di pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campur baik di daerah hulu, tengah dan hilir dari wilayah studi. Berikut adalah hasil identifikasi lahan gundul/tanah terbuka pada pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campur :



Gambar 4.10 Identifikasi Lahan Gundul/Tanah Terbuka Pertanian Lahan Kering dan Pertanian Lahn Kering Campur Zona Hulu.



Gambar 4.11 Identifikasi Lahan Gundul/Tanah Terbuka Pertanian Lahan Kering dan Pertanian Lahn Kering Campur Zona Tengah.



Gambar 4.12 Identifikasi Lahan Gundul/Tanah Terbuka Pertanian Lahan Kering dan Pertanian Lahn Kering Campur Zona Hilir.

Dari hasil analisa tersebut maka luasan lahan gundul/tanah terbuka hasil adalah sebagai berikut :

Tabel 4.15 Luas Lahan Gundul/Tanah Terbuka di wilayah studi

Lahan Gundul/Tanah Terbuka	Luas (Ha)
Hutan Lahan Kering Sekunder.	119,10
Hutan Tanaman.	261,76
Pertanian Lahan Kering	4.301,19
Pertanian Lahan Kering Campur	7.096,50
TOTAL	11.778,55

(sumber : hasil analisa)

4.5.2. Topografi di DAS wilayah studi

Selain dipengaruhi oleh tutupan lahan, kondisi topografi suatu daerah sangat berpengaruh terhadap laju aliran permukaan. Semakin besar kemiringan suatu daerah, maka semakin besar pula laju aliran permukaan yang terjadi.

Kondisi topografi DAS di wilayah studi diuraikan berikut ini :

- Di bagian hulu DAS (*up stream*) memiliki kemiringan lereng diatas 20% dengan elevasi antara +100 m sampai dengan 1785 m diatas permukaan laut.
- Di bagian tengah DAS (*middle stream*) memiliki kemiringan lereng antara 20% sampai dengan 10% dan berada pada elevasi +30 m sampai dengan +100 m diatas permukaan laut.
- Di bagian hilir DAS (*down stream*) memiliki kemiringan lereng dibawah 10% dan berada pada elevasi kurang dari 30 m diatas permukaan laut.

Pada tabel 4.16 berikut ini adalah luas tutupan lahan pada DAS di wilayah studi berdasarkan kemiringan lereng.

Tabel 4.16 Tutupan lahan berdasarkan kemiringan lereng.

No.	Jenis Tutupan Lahan	Kemiringan Lereng (%)	Luas (Ha)
1.	Hutan Lahan Kering Primer	> 20%	1399,11
2.	Hutan Lahan Kering Sekunder	8% - 20%	2261,46
		> 20%	197
3.	Hutan Tanaman.	< 8%	1948,23
		8% - 20%	534,95
		> 20%	950,83
4.	Perkebunan	< 8%	4101,24
		8% - 20%	240,14
5.	Permukiman		1196,55
7.	Pertanian Lahan Kering	< 8%	2241,77
		8% - 20%	4169,72
8.	Pertanian Lahan Kering Campur	< 8%	7201,85
		8% - 20%	2604,57
		> 20%	130,23
9.	Sawah	< 8%	2978,06

(sumber : hasil analisa)

4.6 Perhitungan koefisien pengaliran.

Pengaruh perubahan tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan. Angka koefisien ini merupakan

salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Nilai koefisien pengaliran berkisar antara 0 sampai dengan 1. Nilai koefisien = 0 dapat diartikan semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sedangkan nilai koefisien pengaliran = 1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan. Dalam kajian ini, nilai koefisien pengaliran adalah berdasarkan topografi, jenis tanah dan vegetasi yang ada di wilayah studi. Berikut adalah hasil perhitungan koefisien pengaliran di wilayah studi.

Tabel 4.17 Koefisien pengaliran (C).

No.	Keterangan	Luas (Ha)	C							Total	C x A
			Topografi			Tanah	Vegetasi				
			Perbukitan (1 - 10)%	Perbukitan (10 - 20)%	Perbukitan > 20%		Pertanian	Tanpa tanaman	Hutan		
1	Hutan Lahan Kering Primer (>20%)	1399,11			0,26	0,08			0,04	0,38	531,66
2	Hutan Lahan Kering Sekunder (kemiringan 8%-20%)	2261,46		0,16		0,09			0,04	0,29	663,36
	Lahan Gundul Hutan Lahan Kering Sekunder (kemiringan 8%-20%)	119,10		0,16		0,09		0,28		0,53	63,52
	Hutan Lahan Kering Sekunder (>20%)	197,00			0,26	0,08			0,04	0,38	74,86
	Hutan Tanaman (kemiringan < 8%)	1737,84	0,08			0,12			0,04	0,24	417,08
3	Lahan Gundul Hutan Tanaman (kemiringan <8%)	210,39	0,08			0,12		0,28		0,48	100,99
	Hutan Tanaman (kemiringan 8%-20%)	483,58		0,16		0,12			0,04	0,32	154,75
	Lahan Gundul Hutan Tanaman (kemiringan 8%-20%)	51,37		0,16		0,12		0,28		0,56	28,77
	Hutan Tanaman (>20%)	950,83			0,26	0,12			0,04	0,42	399,35
4	Perkebunan (kemiringan < 8%)	4101,24	0,08			0,12			0,04	0,24	984,30
	Perkebunan (kemiringan 8%-20%)	240,14		0,16		0,12			0,04	0,32	76,84
5	Pemukiman	1196,55								0,40	478,62
6	Pertanian Lahan Kering (kemiringan < 8%)	177,92	0,08			0,12			0,04	0,24	42,70
	Pertanian Lahan Kering (kemiringan < 8%)	2.063,85	0,08			0,12		0,28		0,48	990,65
	Pertanian Lahan Kering (kemiringan 8%-20%)	1932,38		0,16		0,12			0,04	0,32	618,36
	Pertanian Lahan Kering (kemiringan 8%-20%)	2.237,34		0,16		0,12		0,28		0,56	1252,91
7	Pertanian Lahan Kering Campur (kemiringan < 8%)	1669,21	0,08			0,12			0,04	0,24	400,61
	Pertanian Lahan Kering Campur (kemiringan < 8%)	5.532,64	0,08			0,12		0,28		0,48	2655,67
	Pertanian Lahan Kering Campur (kemiringan 8%-20%)	1040,71		0,16		0,12			0,04	0,32	333,03
	Pertanian Lahan Kering Campur (kemiringan 8%-20%)	1.563,86		0,16		0,12		0,28		0,56	875,76
	Pertanian Lahan Kering Campur (>20%)	130,23			0,26	0,09			0,04	0,39	51,22
8	Sawah	2978,06	0,08			0,12	0,11			0,31	923,20
JUMLAH		32274,81									12118,21
(C x A)/Luas		0,375									

Sumber : hasil analisa

Berdasarkan perhitungan diatas, besarnya koefisien pengaliran di daerah studi adalah 0,375.

4.7 Perhitungan debit banjir rencana dengan metode Nakayasu.

Rumus yang digunakan berdasarkan persamaan 2.28 berikut ini :

$$Q_p = \frac{C.A.R_o}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})}$$

Q_p = debit puncak banjir (m³/dt).

R_o = hujan satuan (mm).

C = koefisien pengaliran.

A = luas daerah aliran sungai sampai outlet (km²)

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam).

T_{0,3} = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak.

1. Perhitungan unit hidrograf satuan Nakayasu di wilayah studi (hulu bendung rancasumur adalah sebagai berikut.

a. Karakteristik DAS dan hujan.

- Luas DAS (A) = 322,70 km².
- Panjang sungai utama (L) = 69,20 km.
- Curah hujan efektif (R_o) = 1 mm.
- Koefisien karakteristik DAS (α) = 3
- Koefisien pengaliran = 0,375

b. Parameter Hidrograf satuan sintetis.

- Time Lag (T_g)
 $L > 15 \text{ km}, T_g = 0,40 + 0,058 L$
 $T_g = 0,40 + 0,058 (69,20)$
 $T_g = 4,416 \text{ jam}$
- Satuan waktu hujan (T_r)
 $T_r = 0,75 T_g$
 $T_r = 0,75 (4,416)$
 $T_r = 3,312 \text{ jam}$
- Waktu puncak (T_p)
 $T_p = T_g + 0,8T_r$
 $T_p = 4,416 + 0,8(3,312)$
 $T_p = 7,065 \text{ jam}$
- Waktu penurunan debit puncak 30% (T_{0,3})
 $T_{0,3} = \alpha T_g$
 $T_{0,3} = 3 (4,416)$
 $T_{0,3} = 13,248 \text{ jam}$

- Debit puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{(322,7) (1)}{3,6(0,3(7,065) + 13,248)}$$

$$Q_p = 5,384 \text{ R m}^3/\text{dt.}$$

c. Perhitungan hidrograf satuan.

- Persamaan lengkung naik ($0 \leq t \leq T_p$)

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4}$$

- Persamaan lengkung turun 1 ($T_p \leq t \leq T_p + T_{0,3}$)

$$Q_{d1} = Q_p 0,3^{\left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right)}$$

- Persamaan lengkung turun 2 ($T_p + T_{0,3} \leq t \leq T_p + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_{d2} = Q_p 0,3^{\left(\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right)}$$

- Persamaan lengkung turun 3 ($t \geq T_p + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_{d3} = Q_p 0,3^{\left(\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right)}$$

Hasil perhitungan hidrograf satuan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.18 Persamaan lengkung naik.

Waktu (t) (jam)	HSS Unit		Q(t,1) (m ³ /det)	Keterangan
	X	Y		
0,000	0,000	0,000	0,000	$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4}$
0,500	0,071	0,002	0,010	
1,000	0,142	0,009	0,053	
1,500	0,212	0,024	0,141	
2,000	0,283	0,048	0,282	
2,500	0,354	0,083	0,482	
3,000	0,425	0,128	0,747	
3,500	0,495	0,185	1,081	
4,000	0,566	0,255	1,489	
4,500	0,637	0,339	1,976	
5,000	0,708	0,436	2,544	
5,500	0,778	0,548	3,198	
6,000	0,849	0,675	3,941	
6,500	0,920	0,819	4,775	
7,000	0,991	0,978	5,705	
7,065	1,000	1,000	5,834	

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 4.19 Persamaan lengkung turun 1

Waktu (t) (jam)	HSS Unit		Q(t,1) (m ³ /det)	Keterangan
	X	Y		
7,500	1,062	0,961	5,608	$Q_{dl} = Q_p \cdot 0.3^{\left(\frac{t - T_p}{T_{0.3}}\right)}$
8,000	1,132	0,919	5,359	
8,500	1,203	0,878	5,121	
9,000	1,274	0,839	4,893	
9,500	1,345	0,802	4,676	
10,000	1,415	0,766	4,468	
10,500	1,486	0,732	4,270	
11,000	1,557	0,699	4,080	
11,500	1,628	0,668	3,899	
12,000	1,698	0,639	3,726	
12,500	1,769	0,610	3,560	
13,000	1,840	0,583	3,402	
13,500	1,911	0,557	3,251	
14,000	1,981	0,532	3,106	
14,500	2,052	0,509	2,968	
15,000	2,123	0,486	2,837	
15,500	2,194	0,465	2,710	
16,000	2,265	0,444	2,590	
16,500	2,335	0,424	2,475	
17,000	2,406	0,405	2,365	
17,500	2,477	0,387	2,260	
18,000	2,548	0,370	2,160	
18,500	2,618	0,354	2,064	
19,000	2,689	0,338	1,972	
19,500	2,760	0,323	1,884	
20,000	2,831	0,309	1,801	
20,313	2,875	0,300	1,750	

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 4.20 Persamaan lengkung turun 2

Waktu (t) (jam)	HSS Unit		Q(t,1) (m ³ /det)	Keterangan
	X	Y		
20,500	2,901	0,297	1,730	$Q_{d2} = Q_p \cdot 0.3^{\left(\frac{t - T_p + 0.5T_{0.3}}{1.5 \cdot T_{0.3}} \right)}$
21,000	2,972	0,288	1,679	
21,500	3,043	0,279	1,629	
22,000	3,114	0,271	1,580	
22,500	3,185	0,263	1,533	
23,000	3,255	0,255	1,487	
23,500	3,326	0,247	1,443	
24,000	3,397	0,240	1,400	
24,500	3,468	0,233	1,358	
25,000	3,538	0,226	1,318	
25,500	3,609	0,219	1,278	
26,000	3,680	0,213	1,240	
26,500	3,751	0,206	1,203	
27,000	3,821	0,200	1,167	
27,500	3,892	0,194	1,132	
28,000	3,963	0,188	1,099	
28,500	4,034	0,183	1,066	
29,000	4,104	0,177	1,034	
29,500	4,175	0,172	1,003	
30,000	4,246	0,167	0,973	
30,500	4,317	0,162	0,944	
31,000	4,388	0,157	0,916	
31,500	4,458	0,152	0,889	
32,000	4,529	0,148	0,862	
32,500	4,600	0,143	0,836	
33,000	4,671	0,139	0,811	
33,500	4,741	0,135	0,787	
34,000	4,812	0,131	0,764	
34,500	4,883	0,127	0,741	
35,000	4,954	0,123	0,719	
35,500	5,024	0,120	0,697	
36,000	5,095	0,116	0,677	
36,500	5,166	0,113	0,656	
37,000	5,237	0,109	0,637	
37,500	5,308	0,106	0,618	
38,000	5,378	0,103	0,599	
38,500	5,449	0,100	0,581	
39,000	5,520	0,097	0,564	
39,500	5,591	0,094	0,547	
40,000	5,661	0,091	0,531	
40,185	5,688	0,090	0,525	

Tabel 4.21 Persamaan lengkung turun 3

Waktu (t) (jam)	HSS Unit		Q(t,1) (m ³ /det)	Keterangan
	X	Y		
40,500	5,732	0,089	0,518	$Q_{d3} = Q_b \cdot 0,3^{\left(\frac{t-T_0+15T_{d3}}{2T_{d3}}\right)}$
41,000	5,803	0,087	0,506	
41,500	5,874	0,085	0,495	
42,000	5,944	0,083	0,483	
42,500	6,015	0,081	0,473	
43,000	6,086	0,079	0,462	
43,500	6,157	0,077	0,452	
44,000	6,227	0,076	0,441	
44,500	6,298	0,074	0,432	
45,000	6,369	0,072	0,422	
45,500	6,440	0,071	0,412	
46,000	6,511	0,069	0,403	
46,500	6,581	0,068	0,394	
47,000	6,652	0,066	0,385	
47,500	6,723	0,065	0,377	
48,000	6,794	0,063	0,368	
48,500	6,864	0,062	0,360	
49,000	6,935	0,060	0,352	
49,500	7,006	0,059	0,344	
50,000	7,077	0,058	0,336	
50,500	7,147	0,056	0,329	
51,000	7,218	0,055	0,321	
51,500	7,289	0,054	0,314	
52,000	7,360	0,053	0,307	
52,500	7,431	0,051	0,300	
53,000	7,501	0,050	0,293	
53,500	7,572	0,049	0,287	
54,000	7,643	0,048	0,280	
54,500	7,714	0,047	0,274	
55,000	7,784	0,046	0,268	
55,500	7,855	0,045	0,262	
56,000	7,926	0,044	0,256	
56,500	7,997	0,043	0,250	
57,000	8,067	0,042	0,245	
57,500	8,138	0,041	0,239	
58,000	8,209	0,040	0,234	
58,500	8,280	0,039	0,228	
59,000	8,350	0,038	0,223	
59,500	8,421	0,037	0,218	
60,000	8,492	0,037	0,213	
60,500	8,563	0,036	0,209	
61,000	8,634	0,035	0,204	
61,500	8,704	0,034	0,199	
62,000	8,775	0,033	0,195	
62,500	8,846	0,033	0,190	
63,000	8,917	0,032	0,186	
63,500	8,987	0,031	0,182	
64,000	9,058	0,030	0,178	
64,500	9,129	0,030	0,174	
65,000	9,200	0,029	0,170	
65,500	9,270	0,028	0,166	
66,000	9,341	0,028	0,162	
66,500	9,412	0,027	0,159	
67,000	9,483	0,027	0,155	
67,500	9,554	0,026	0,152	
68,000	9,624	0,025	0,148	
68,500	9,695	0,025	0,145	
69,000	9,766	0,024	0,142	
69,500	9,837	0,024	0,139	
70,000	9,907	0,023	0,135	
70,500	9,978	0,023	0,132	
71,000	10,049	0,022	0,129	
71,500	10,120	0,022	0,127	
72,000	10,190	0,021	0,124	
72,500	10,261	0,021	0,121	
73,000	10,332	0,020	0,118	
73,500	10,403	0,020	0,116	
74,000	10,473	0,019	0,113	
74,500	10,544	0,019	0,110	
75,000	10,615	0,019	0,108	
75,500	10,686	0,018	0,106	
76,000	10,757	0,018	0,103	
76,500	10,827	0,017	0,101	
77,000	10,898	0,017	0,099	
77,500	10,969	0,017	0,096	
78,000	11,040	0,016	0,094	
78,500	11,110	0,016	0,092	
79,000	11,181	0,015	0,090	
79,500	11,252	0,015	0,088	
80,000	11,323	0,015	0,086	
80,500	11,393	0,014	0,084	
81,000	11,464	0,014	0,082	
81,500	11,535	0,014	0,080	
82,000	11,606	0,013	0,079	
82,500	11,677	0,013	0,077	
83,000	11,747	0,013	0,075	
83,500	11,818	0,013	0,073	
84,000	11,889	0,012	0,072	
84,500	11,960	0,012	0,070	
85,000	12,030	0,012	0,069	
85,500	12,101	0,011	0,067	
86,000	12,172	0,011	0,065	
86,500	12,243	0,011	0,064	
87,000	12,313	0,011	0,063	
87,500	12,384	0,010	0,061	
88,000	12,455	0,010	0,060	
88,500	12,526	0,010	0,058	
89,000	12,596	0,010	0,057	
89,500	12,667	0,010	0,056	
90,000	12,738	0,009	0,055	

(sumber : hasil perhitungan)

2. Menghitung curah hujan efektif di hulu bendung rancasumur.

Setelah menghitung unit hidrograf Nakayasu, selanjutnya dilakukan perhitungan hidrograf banjir periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Perhitungan hidrograf banjir merupakan pengalihan masing – masing unit hidrograf dengan curah hujan efektif. Dalam hal ini digunakan curah hujan maksimum dari metode Log Pearson type III. Distribusi hujan yang terjadi adalah hujan terpusat 5 jam, dengan perhitungan rata-rata hujan sampai jam ke – 5 adalah sebaga berikut :

- $R_{0.5} = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{0.5} \right)^{2/3} = 0,928 R_{0.24}$
- $R_1 = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{1} \right)^{2/3} = 0,585 R_{0.24}$
- $R_{1.5} = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{1.5} \right)^{2/3} = 0,446 R_{0.24}$
- $R_2 = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{2} \right)^{2/3} = 0,368 R_{0.24}$
- $R_{2.5} = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{2.5} \right)^{2/3} = 0,317 R_{0.24}$
- $R_3 = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{3} \right)^{2/3} = 0,281 R_{0.24}$
- $R_{3.5} = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{3.5} \right)^{2/3} = 0,254 R_{0.24}$
- $R_4 = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{4} \right)^{2/3} = 0,232 R_{0.24}$
- $R_{4.5} = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{4.5} \right)^{2/3} = 0,215 R_{0.24}$
- $R_5 = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{5} \right)^{2/3} = 0,200 R_{0.24}$

Perhitungan distribusi hujan pada jam ke – t adalah :

- $R'_{0.5} = 0.5 (0,928 R_{0.24}) = 0,464 R_{0.24}$
- $R'_1 = 1 (R_1) - (0.5R_{0.5}) = 0,121 R_{0.24}$
- $R'_{1.5} = 1,5 (R_{1.5}) - (1R_1) = 0,085 R_{0.24}$
- $R'_2 = 2 (R_2) - (1,5R_{1.5}) = 0,067 R_{0.24}$
- $R'_{2.5} = 2,5 (R_{2.5}) - (2R_2) = 0,057 R_{0.24}$

- $R'_3 = 3 (R_3) - (2,5R_{2,5}) = 0,050 R_{0,24}$
- $R'_{3,5} = 3,5 (R_{3,5}) - (3R_3) = 0,044 R_{0,24}$
- $R'_4 = 4 (R_4) - (3,5R_{3,5}) = 0,040 R_{0,24}$
- $R'_{4,5} = 4,5 (R_{4,5}) - (4R_4) = 0,037 R_{0,24}$
- $R'_5 = 5 (R_5) - (4,5R_{4,5}) = 0,035 R_{0,24}$

Hasil perhitungan distribusi curah hujan efektif Periode Ulang Hujan (PUH) dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.22 Distribusi Curah Hujan Efektif Periode Ulang Hujan 2 tahun

Jam ke -	Rt	RT	C	Periode ulang		2
	(mm)	(mm)		R24 maks (mm)	=	89,061
				RT (mm)		
0,5	0,928	0,464	0,375	15,50		
1	0,585	0,121	0,375	4,03		
1,5	0,446	0,085	0,375	2,83		
2	0,368	0,067	0,375	2,25		
2,5	0,317	0,057	0,375	1,90		
3	0,281	0,050	0,375	1,66		
3,5	0,254	0,044	0,375	1,49		
4	0,232	0,040	0,375	1,35		
4,5	0,215	0,037	0,375	1,24		
5	0,200	0,035	0,375	1,15		

Sumber : hasil perhitungan.

Tabel 4.23 Distribusi Curah Hujan Efektif Periode Ulang Hujan 5 tahun

Jam ke -	Rt	RT	C	Periode ulang		5
	(mm)	(mm)		R24 maks (mm)	=	125,862
				RT (mm)		
0,5	0,928	0,464	0,375	21,91		
1	0,585	0,121	0,375	5,69		
1,5	0,446	0,085	0,375	3,99		
2	0,368	0,067	0,375	3,18		
2,5	0,317	0,057	0,375	2,69		
3	0,281	0,050	0,375	2,35		
3,5	0,254	0,044	0,375	2,10		
4	0,232	0,040	0,375	1,91		
4,5	0,215	0,037	0,375	1,75		
5	0,200	0,035	0,375	1,63		

Sumber : hasil perhitungan.

Tabel 4.24 Distribusi Curah Hujan Efektif Periode Ulang Hujan 10 tahun

Jam ke -	Rt	RT	C	Periode ulang		10
	(mm)	(mm)		R24 maks (mm)	=	151,179
				RT (mm)		
0,5	0,928	0,464	0,375	26,31		
1	0,585	0,121	0,375	6,84		
1,5	0,446	0,085	0,375	4,80		
2	0,368	0,067	0,375	3,82		
2,5	0,317	0,057	0,375	3,23		
3	0,281	0,050	0,375	2,82		
3,5	0,254	0,044	0,375	2,52		
4	0,232	0,040	0,375	2,29		
4,5	0,215	0,037	0,375	2,11		
5	0,200	0,035	0,375	1,96		

Sumber : hasil perhitungan.

Tabel 4.25 Distribusi Curah Hujan Efektif Periode Ulang Hujan 25 tahun

Jam ke -	Rt	RT	C	Periode ulang		25
	(mm)	(mm)		R24 maks (mm)	=	182,510
				RT (mm)		
0,5	0,928	0,464	0,375	31,77		
1	0,585	0,121	0,375	8,26		
1,5	0,446	0,085	0,375	5,79		
2	0,368	0,067	0,375	4,61		
2,5	0,317	0,057	0,375	3,89		
3	0,281	0,050	0,375	3,40		
3,5	0,254	0,044	0,375	3,04		
4	0,232	0,040	0,375	2,77		
4,5	0,215	0,037	0,375	2,54		
5	0,200	0,035	0,375	2,36		

Sumber : hasil perhitungan.

Tabel 4.26 Distribusi Curah Hujan Efektif Periode Ulang Hujan 50 tahun

Jam ke -	Rt	RT	C	Periode ulang		50
	(mm)	(mm)		R24 maks (mm)	=	205,766
				RT (mm)		
0,5	0,928	0,464	0,375	35,82		
1	0,585	0,121	0,375	9,31		
1,5	0,446	0,085	0,375	6,53		
2	0,368	0,067	0,375	5,20		
2,5	0,317	0,057	0,375	4,39		
3	0,281	0,050	0,375	3,84		
3,5	0,254	0,044	0,375	3,43		
4	0,232	0,040	0,375	3,12		
4,5	0,215	0,037	0,375	2,87		
5	0,200	0,035	0,375	2,66		

Sumber : hasil perhitungan.

Tabel 4.27 Distribusi Curah Hujan Efektif Periode Ulang Hujan 100 tahun

Jam ke -	Rt	RT	C	Periode ulang		100
	(mm)	(mm)		R24 maks (mm)	=	228,871
				RT (mm)		
0,5	0,928	0,464	0,375	39,84		
1	0,585	0,121	0,375	10,35		
1,5	0,446	0,085	0,375	7,26		
2	0,368	0,067	0,375	5,78		
2,5	0,317	0,057	0,375	4,88		
3	0,281	0,050	0,375	4,27		
3,5	0,254	0,044	0,375	3,82		
4	0,232	0,040	0,375	3,47		
4,5	0,215	0,037	0,375	3,19		
5	0,200	0,035	0,375	2,96		

Sumber : hasil perhitungan.

Hasil perhitungan debit banjir dengan Metode Hidrograf Nakayasu Periode Ulang Hujan (PUH) dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.28 Debit Banjir Periode Ulang Hujan 2 tahun.

Waktu (Jam)	Q(t,1)	Curah Hujan Netto (mm/jam)										Debit (Q) (m ³ /det)
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	R _{4,5}	R ₅	
		15,50	4,03	2,83	2,25	1,90	1,66	1,49	1,35	1,24	1,15	
0,000	0,000	0,000										0,000
0,500	0,010	0,157	0,000									0,157
1,000	0,053	0,829	0,041	0,000								0,870
1,500	0,141	2,193	0,215	0,029	0,000							2,437
2,000	0,282	4,374	0,570	0,151	0,023	0,000						5,118
2,500	0,482	7,472	1,137	0,400	0,120	0,019	0,000					9,149
3,000	0,747	11,574	1,942	0,797	0,318	0,102	0,017	0,000				14,751
3,500	1,081	16,756	3,008	1,362	0,635	0,269	0,089	0,015	0,000			22,134
4,000	1,489	23,086	4,355	2,110	1,085	0,536	0,235	0,079	0,014	0,000		31,500
4,477	1,976	30,627	6,000	3,055	1,680	0,916	0,469	0,210	0,072	0,013	0,000	43,042
4,500	2,544	39,439	7,961	4,209	2,432	1,419	0,801	0,419	0,191	0,066	0,012	56,949
5,000	3,198	49,576	10,251	5,584	3,351	2,054	1,240	0,716	0,381	0,176	0,062	73,390
5,500	3,941	61,089	12,886	7,191	4,446	2,830	1,795	1,109	0,651	0,350	0,163	92,509
6,000	4,775	74,027	15,878	9,039	5,725	3,754	2,474	1,605	1,008	0,598	0,325	114,434
6,500	5,705	88,437	19,241	11,138	7,196	4,834	3,282	2,212	1,459	0,927	0,556	139,282
7,000	5,834	90,436	22,987	13,497	8,867	6,077	4,226	2,934	2,010	1,342	0,861	153,236
7,500	5,608	86,934	23,506	16,125	10,745	7,488	5,312	3,779	2,667	1,849	1,246	159,650
8,000	5,359	83,072	22,596	16,489	12,837	9,074	6,545	4,750	3,434	2,453	1,716	162,966
8,500	5,121	79,382	21,592	15,851	13,127	10,840	7,932	5,853	4,317	3,158	2,277	164,328
9,000	4,893	75,855	20,633	15,146	12,619	11,085	9,476	7,093	5,319	3,970	2,932	164,128
9,500	4,676	72,485	19,716	14,474	12,058	10,656	9,690	8,473	6,445	4,892	3,686	162,576
10,000	4,468	69,265	18,840	13,831	11,522	10,183	9,314	8,665	7,700	5,928	4,542	159,791
12,871	4,270	66,188	18,004	13,216	11,010	9,730	8,901	8,329	7,874	7,082	5,504	155,839
10,500	4,080	63,248	17,204	12,629	10,521	9,298	8,505	7,959	7,569	7,242	6,575	150,752
11,000	3,899	60,438	16,439	12,068	10,054	8,885	8,127	7,606	7,233	6,962	6,724	144,537
11,500	3,726	57,753	15,709	11,532	9,607	8,490	7,766	7,268	6,912	6,653	6,464	138,154
12,000	3,560	55,188	15,011	11,020	9,181	8,113	7,421	6,945	6,605	6,357	6,176	132,017
12,500	3,402	52,736	14,344	10,530	8,773	7,753	7,092	6,636	6,311	6,075	5,902	126,152
13,000	3,251	50,393	13,707	10,062	8,383	7,408	6,777	6,342	6,031	5,805	5,640	120,548
13,500	3,106	48,155	13,098	9,615	8,011	7,079	6,476	6,060	5,763	5,547	5,389	115,193
14,000	2,968	46,016	12,516	9,188	7,655	6,765	6,188	5,791	5,507	5,301	5,150	110,076
14,500	2,837	43,971	11,960	8,780	7,315	6,464	5,913	5,533	5,262	5,065	4,921	105,186
15,000	2,710	42,018	11,429	8,390	6,990	6,177	5,650	5,288	5,029	4,840	4,703	100,513
15,500	2,590	40,151	10,921	8,017	6,679	5,903	5,399	5,053	4,805	4,625	4,494	96,048
16,000	2,475	38,368	10,436	7,661	6,383	5,640	5,160	4,828	4,592	4,420	4,294	91,781
16,500	2,365	36,663	9,973	7,321	6,099	5,390	4,930	4,614	4,388	4,223	4,103	87,704
17,000	2,260	35,035	9,530	6,996	5,828	5,150	4,711	4,409	4,193	4,036	3,921	83,808
17,500	2,160	33,478	9,106	6,685	5,569	4,922	4,502	4,213	4,007	3,856	3,747	80,085
18,000	2,064	31,991	8,702	6,388	5,322	4,703	4,302	4,026	3,829	3,685	3,580	76,527
25,461	1,972	30,570	8,315	6,104	5,085	4,494	4,111	3,847	3,658	3,521	3,421	73,127
18,500	1,884	29,212	7,946	5,833	4,859	4,294	3,928	3,676	3,496	3,365	3,269	69,879
19,000	1,801	27,914	7,593	5,574	4,644	4,104	3,754	3,513	3,341	3,215	3,124	66,774
19,500	1,750	27,131	7,255	5,326	4,437	3,921	3,587	3,357	3,192	3,073	2,985	64,265
20,000	1,730	26,825	7,052	5,090	4,240	3,747	3,428	3,208	3,050	2,936	2,853	62,428
20,500	1,679	26,025	6,972	4,947	4,052	3,581	3,275	3,065	2,915	2,806	2,726	60,364
21,000	1,629	25,248	6,764	4,891	3,938	3,422	3,130	2,929	2,785	2,681	2,605	58,394
21,500	1,580	24,495	6,563	4,745	3,894	3,326	2,991	2,799	2,662	2,562	2,489	56,524
22,000	1,533	23,764	6,367	4,603	3,778	3,288	2,907	2,674	2,543	2,448	2,379	54,752
22,500	1,487	23,055	6,177	4,466	3,665	3,190	2,874	2,599	2,430	2,339	2,273	53,069
23,000	1,443	22,367	5,992	4,333	3,555	3,095	2,788	2,570	2,362	2,235	2,172	51,471
23,500	1,400	21,700	5,814	4,204	3,449	3,002	2,705	2,493	2,336	2,173	2,075	49,951
24,000	1,358	21,052	5,640	4,078	3,346	2,913	2,625	2,419	2,266	2,148	2,017	48,505
24,500	1,318	20,424	5,472	3,956	3,247	2,826	2,546	2,347	2,198	2,084	1,994	47,095
25,000	1,278	19,814	5,309	3,838	3,150	2,742	2,470	2,277	2,133	2,022	1,935	45,690
25,500	1,240	19,223	5,150	3,724	3,056	2,660	2,397	2,209	2,069	1,962	1,877	44,326
26,000	1,203	18,650	4,997	3,613	2,965	2,580	2,325	2,143	2,007	1,903	1,821	43,004
26,500	1,167	18,093	4,847	3,505	2,876	2,503	2,256	2,079	1,947	1,846	1,767	41,720
27,000	1,132	17,553	4,703	3,400	2,790	2,429	2,188	2,017	1,889	1,791	1,714	40,475
27,500	1,099	17,029	4,562	3,299	2,707	2,356	2,123	1,957	1,833	1,738	1,663	39,268
28,000	1,066	16,521	4,426	3,200	2,626	2,286	2,060	1,898	1,778	1,686	1,613	38,096
28,500	1,034	16,028	4,294	3,105	2,548	2,218	1,998	1,842	1,725	1,636	1,565	36,959
29,000	1,003	15,550	4,166	3,012	2,472	2,152	1,939	1,787	1,674	1,587	1,519	35,856
29,500	0,973	15,086	4,042	2,922	2,398	2,087	1,881	1,734	1,624	1,539	1,473	34,786
30,000	0,944	14,636	3,921	2,835	2,327	2,025	1,825	1,682	1,575	1,494	1,429	33,748
30,500	0,916	14,199	3,804	2,751	2,257	1,965	1,770	1,632	1,528	1,449	1,387	32,741
31,000	0,889	13,775	3,691	2,669	2,190	1,906	1,717	1,583	1,483	1,406	1,345	31,764
31,500	0,862	13,364	3,581	2,589	2,124	1,849	1,666	1,536	1,438	1,364	1,305	30,817
32,000	0,836	12,966	3,474	2,512	2,061	1,794	1,616	1,490	1,396	1,323	1,266	29,897
32,500	0,811	12,579	3,370	2,437	2,000	1,740	1,568	1,445	1,354	1,284	1,228	29,005
33,000	0,787	12,203	3,269	2,364	1,940	1,689	1,521	1,402	1,314	1,245	1,192	28,139
33,500	0,764	11,839	3,172	2,293	1,882	1,638	1,476	1,360	1,274	1,208	1,156	27,300
34,000	0,741	11,486	3,077	2,225	1,826	1,589	1,432	1,320	1,236	1,172	1,122	26,485
34,500	0,719	11,143	2,985	2,159	1,771	1,542	1,389	1,280	1,199	1,137	1,088	25,695
35,000	0,697	10,811	2,896	2,094	1,718	1,496	1,348	1,242	1,164	1,103	1,056	24,928
35,500	0,677	10,488	2,810	2,032	1,667	1,451	1,308	1,205	1,129	1,070	1,024	24,184
36,000	0,656	10,175	2,726	1,971	1,617	1,408	1,269	1,169	1,095	1,038	0,994	23,463
36,500	0,637	9,872	2,645	1,912	1,569	1,366	1,231	1,134	1,063	1,007	0,964	22,762
37,000	0,618	9,577	2,566	1,855	1,522	1,325	1,194	1,100	1,031	0,977	0,935	22,083
37,500	0,599	9,291	2,489	1,800	1,477	1,286	1,158	1,068	1,000	0,948	0,907	21,424
38,000	0,581	9,014	2,415	1,746	1,433	1,247	1,124	1,036	0,970	0,920	0,880	20,785

Sumber : hasil perhitungan.

Tabel 4.29 Debit Banjir Periode Ulang Hujan 5 tahun.

Waktu (Jam)	Q(t,1)	Curah Hujan Netto (mm/jam)										Debit (Q) (m ³ /det)
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	R _{4,5}	R ₅	
		21,91	5,69	3,99	3,18	2,69	2,35	2,10	1,91	1,75	1,63	
0,000	0,000	0,000										0,000
0,500	0,010	0,222	0,000									0,222
1,000	0,053	1,171	0,058	0,000								1,229
1,500	0,141	3,099	0,304	0,040	0,000							3,444
2,000	0,282	6,181	0,806	0,214	0,032	0,000						7,233
2,500	0,482	10,560	1,607	0,565	0,170	0,027	0,000					12,929
3,000	0,747	16,357	2,745	1,127	0,450	0,144	0,024	0,000				20,846
3,500	1,081	23,679	4,251	1,925	0,897	0,380	0,125	0,021	0,000			31,280
4,000	1,489	32,625	6,155	2,982	1,533	0,758	0,332	0,112	0,019	0,000		44,516
4,477	1,976	43,283	8,480	4,317	2,374	1,294	0,662	0,297	0,102	0,018	0,000	60,828
4,500	2,544	55,736	11,250	5,948	3,437	2,005	1,131	0,592	0,270	0,094	0,016	80,480
5,000	3,198	70,061	14,487	7,892	4,736	2,902	1,753	1,012	0,538	0,248	0,087	103,715
5,500	3,941	86,331	18,210	10,162	6,283	3,999	2,537	1,567	0,919	0,495	0,230	130,735
6,000	4,775	104,616	22,439	12,774	8,090	5,305	3,496	2,269	1,424	0,846	0,460	161,719
6,500	5,705	124,980	27,192	15,741	10,169	6,832	4,638	3,126	2,062	1,310	0,785	196,834
7,000	5,834	127,804	32,485	19,074	12,531	8,588	5,972	4,147	2,841	1,896	1,216	216,554
7,500	5,608	122,855	33,219	22,787	15,185	10,582	7,507	5,340	3,769	2,613	1,761	225,618
8,000	5,359	117,398	31,933	23,302	18,141	12,823	9,250	6,713	4,853	3,466	2,426	230,304
8,500	5,121	112,183	30,514	22,400	18,551	15,319	11,209	8,271	6,100	4,464	3,218	232,229
9,000	4,893	107,199	29,159	21,405	17,833	15,666	13,391	10,023	7,517	5,611	4,144	231,947
9,500	4,676	102,437	27,863	20,454	17,040	15,059	13,694	11,974	9,109	6,914	5,209	229,753
10,000	4,468	97,886	26,625	19,545	16,283	14,390	13,163	12,245	10,882	8,378	6,419	225,818
12,871	4,270	93,538	25,443	18,677	15,560	13,751	12,579	11,771	11,128	10,009	7,778	220,233
10,500	4,080	89,382	24,312	17,847	14,869	13,140	12,020	11,248	10,697	10,235	9,292	213,043
11,000	3,899	85,412	23,232	17,055	14,208	12,556	11,486	10,748	10,222	9,839	9,502	204,260
11,500	3,726	81,617	22,200	16,297	13,577	11,998	10,976	10,271	9,768	9,402	9,134	195,240
12,000	3,560	77,992	21,214	15,573	12,974	11,465	10,488	9,815	9,334	8,984	8,729	186,567
12,500	3,402	74,527	20,272	14,881	12,398	10,956	10,022	9,379	8,919	8,585	8,341	178,279
13,000	3,251	71,216	19,371	14,220	11,847	10,469	9,577	8,962	8,523	8,204	7,970	170,359
13,500	3,106	68,053	18,511	13,588	11,321	10,004	9,151	8,564	8,144	7,839	7,616	162,791
14,000	2,968	65,029	17,688	12,985	10,818	9,560	8,745	8,183	7,782	7,491	7,278	155,559
14,500	2,837	62,141	16,903	12,408	10,337	9,135	8,356	7,820	7,437	7,158	6,955	148,649
15,000	2,710	59,380	16,152	11,857	9,878	8,729	7,985	7,472	7,106	6,840	6,646	142,045
15,500	2,590	56,742	15,434	11,330	9,439	8,342	7,630	7,140	6,791	6,536	6,350	135,735
16,000	2,475	54,221	14,748	10,827	9,020	7,971	7,291	6,823	6,489	6,246	6,068	129,705
16,500	2,365	51,813	14,093	10,346	8,619	7,617	6,968	6,520	6,201	5,968	5,799	123,943
17,000	2,260	49,511	13,467	9,886	8,236	7,279	6,658	6,231	5,925	5,703	5,541	118,437
17,500	2,160	47,312	12,869	9,447	7,870	6,955	6,362	5,954	5,662	5,450	5,295	113,176
18,000	2,064	45,210	12,297	9,027	7,521	6,646	6,080	5,689	5,411	5,208	5,060	108,148
25,461	1,972	43,201	11,751	8,626	7,187	6,351	5,810	5,437	5,170	4,976	4,835	103,344
18,500	1,884	41,282	11,229	8,243	6,867	6,069	5,551	5,195	4,940	4,755	4,620	98,753
19,000	1,801	39,448	10,730	7,877	6,562	5,799	5,305	4,964	4,721	4,544	4,415	94,366
19,500	1,750	38,341	10,253	7,527	6,271	5,542	5,069	4,744	4,511	4,342	4,219	90,819
20,000	1,730	37,910	9,966	7,193	5,992	5,295	4,844	4,533	4,311	4,149	4,031	88,224
20,500	1,679	36,779	9,854	6,991	5,726	5,060	4,629	4,332	4,119	3,965	3,852	85,306
21,000	1,629	35,681	9,560	6,912	5,565	4,835	4,423	4,139	3,936	3,789	3,681	82,522
21,500	1,580	34,616	9,274	6,706	5,503	4,700	4,227	3,955	3,761	3,621	3,518	79,881
22,000	1,533	33,584	8,998	6,506	5,338	4,647	4,108	3,780	3,594	3,460	3,361	77,375
22,500	1,487	32,581	8,729	6,312	5,179	4,508	4,062	3,673	3,435	3,306	3,212	74,997
23,000	1,443	31,609	8,469	6,123	5,025	4,374	3,941	3,632	3,338	3,159	3,069	72,739
23,500	1,400	30,666	8,216	5,941	4,875	4,243	3,823	3,524	3,301	3,071	2,933	70,591
24,000	1,358	29,751	7,971	5,763	4,729	4,116	3,709	3,419	3,202	3,036	2,851	68,547
24,500	1,318	28,863	7,733	5,591	4,588	3,994	3,598	3,317	3,107	2,945	2,819	66,555
25,000	1,278	28,002	7,502	5,424	4,451	3,874	3,491	3,218	3,014	2,857	2,735	64,569
25,500	1,240	27,166	7,278	5,263	4,318	3,759	3,387	3,122	2,924	2,772	2,653	62,642
26,000	1,203	26,356	7,061	5,106	4,190	3,647	3,286	3,028	2,837	2,689	2,574	60,773
26,500	1,167	25,569	6,850	4,953	4,065	3,538	3,188	2,938	2,752	2,609	2,497	58,959
27,000	1,132	24,806	6,646	4,805	3,943	3,432	3,093	2,850	2,670	2,531	2,422	57,200
27,500	1,099	24,066	6,448	4,662	3,826	3,330	3,000	2,765	2,590	2,456	2,350	55,493
28,000	1,066	23,348	6,255	4,523	3,711	3,231	2,911	2,683	2,513	2,383	2,280	53,837
28,500	1,034	22,651	6,069	4,388	3,601	3,134	2,824	2,603	2,438	2,311	2,212	52,231
29,000	1,003	21,975	5,888	4,257	3,493	3,041	2,740	2,525	2,365	2,242	2,146	50,672
29,500	0,973	21,320	5,712	4,130	3,389	2,950	2,658	2,450	2,295	2,176	2,082	49,160
30,000	0,944	20,683	5,541	4,007	3,288	2,862	2,579	2,377	2,226	2,111	2,020	47,693
30,500	0,916	20,066	5,376	3,887	3,190	2,776	2,502	2,306	2,160	2,048	1,960	46,270
31,000	0,889	19,468	5,216	3,771	3,095	2,694	2,427	2,237	2,095	1,987	1,901	44,890
31,500	0,862	18,887	5,060	3,659	3,002	2,613	2,355	2,170	2,033	1,927	1,844	43,550
32,000	0,836	18,323	4,909	3,549	2,913	2,535	2,284	2,105	1,972	1,870	1,789	42,251
32,500	0,811	17,776	4,763	3,444	2,826	2,460	2,216	2,043	1,913	1,814	1,736	40,990
33,000	0,787	17,246	4,620	3,341	2,741	2,386	2,150	1,982	1,856	1,760	1,684	39,767
33,500	0,764	16,731	4,483	3,241	2,660	2,315	2,086	1,923	1,801	1,707	1,634	38,580
34,000	0,741	16,232	4,349	3,144	2,580	2,246	2,024	1,865	1,747	1,656	1,585	37,429
34,500	0,719	15,748	4,219	3,051	2,503	2,179	1,963	1,810	1,695	1,607	1,538	36,312
35,000	0,697	15,278	4,093	2,960	2,429	2,114	1,905	1,756	1,644	1,559	1,492	35,229
35,500	0,677	14,822	3,971	2,871	2,356	2,051	1,848	1,703	1,595	1,513	1,447	34,177
36,000	0,656	14,380	3,853	2,786	2,286	1,990	1,793	1,652	1,548	1,467	1,404	33,157
36,500	0,637	13,951	3,738	2,702	2,218	1,930	1,739	1,603	1,502	1,424	1,362	32,168
37,000	0,618	13,534	3,626	2,622	2,151	1,873	1,687	1,555	1,457	1,381	1,322	31,208
37,500	0,599	13,130	3,518	2,544	2,087	1,817	1,637	1,509	1,413	1,340	1,282	30,277
38,000	0,581	12,739	3,413	2,468	2,025	1,763	1,588	1,464	1,371	1,300	1,244	29,374

Sumber : hasil perhitungan.

Tabel 4.30 Debit Banjir Periode Ulang Hujan 10 tahun.

Waktu (Jam)	Q(t,1)	Curah Hujan Netto (mm/jam)										Debit (Q) (m ³ /det)
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	R _{4,5}	R ₅	
		26,31	6,84	4,80	3,82	3,23	2,82	2,52	2,29	2,11	1,96	
0,000	0,000	0,000										0,000
0,500	0,010	0,267	0,000									0,267
1,000	0,053	1,407	0,069	0,000								1,476
1,500	0,141	3,722	0,366	0,049	0,000							4,137
2,000	0,282	7,425	0,968	0,256	0,039	0,000						8,687
2,500	0,482	12,684	1,930	0,679	0,204	0,033	0,000					15,529
3,000	0,747	19,647	3,297	1,354	0,540	0,172	0,029	0,000				25,039
3,500	1,081	28,442	5,107	2,313	1,078	0,456	0,151	0,026	0,000			37,572
4,000	1,489	39,187	7,393	3,582	1,841	0,910	0,399	0,135	0,023	0,000		53,470
4,477	1,976	51,989	10,186	5,186	2,852	1,555	0,796	0,357	0,122	0,021	0,000	73,063
4,500	2,544	66,947	13,513	7,145	4,128	2,408	1,359	0,711	0,324	0,113	0,020	96,668
5,000	3,198	84,154	17,401	9,479	5,688	3,486	2,105	1,215	0,646	0,298	0,105	124,577
5,500	3,941	103,697	21,873	12,206	7,546	4,803	3,047	1,882	1,104	0,595	0,277	157,032
6,000	4,775	125,659	26,953	15,344	9,717	6,373	4,199	2,725	1,711	1,016	0,552	194,248
6,500	5,705	150,120	32,661	18,907	12,215	8,206	5,570	3,755	2,476	1,573	0,943	236,427
7,000	5,834	153,511	39,019	22,911	15,052	10,315	7,173	4,981	3,412	2,278	1,461	260,113
7,500	5,608	147,567	39,901	27,371	18,240	12,711	9,017	6,414	4,527	3,138	2,115	271,000
8,000	5,359	141,012	38,356	27,990	21,790	15,403	11,111	8,063	5,829	4,163	2,914	276,629
8,500	5,121	134,748	36,652	26,906	22,282	18,401	13,464	9,935	7,327	5,361	3,865	278,942
9,000	4,893	128,762	35,024	25,710	21,420	18,817	16,085	12,039	9,029	6,739	4,978	278,602
9,500	4,676	123,042	33,468	24,568	20,468	18,088	16,448	14,383	10,941	8,304	6,257	275,967
10,000	4,468	117,576	31,981	23,477	19,559	17,285	15,811	14,708	13,071	10,063	7,710	271,240
12,871	4,270	112,352	30,560	22,434	18,690	16,517	15,109	14,139	13,366	12,022	9,343	264,532
10,500	4,080	107,361	29,203	21,437	17,860	15,783	14,437	13,510	12,849	12,294	11,162	255,896
11,000	3,899	102,592	27,905	20,485	17,066	15,082	13,796	12,910	12,278	11,818	11,414	245,346
11,500	3,726	98,034	26,666	19,575	16,308	14,412	13,183	12,337	11,732	11,293	10,972	234,512
12,000	3,560	93,679	25,481	18,705	15,584	13,772	12,598	11,789	11,211	10,791	10,484	224,094
12,500	3,402	89,518	24,349	17,874	14,891	13,160	12,038	11,265	10,713	10,312	10,019	214,139
13,000	3,251	85,541	23,268	17,080	14,230	12,575	11,503	10,765	10,237	9,854	9,574	204,626
13,500	3,106	81,741	22,234	16,322	13,598	12,017	10,992	10,286	9,782	9,416	9,148	195,536
14,000	2,968	78,110	21,246	15,597	12,994	11,483	10,504	9,829	9,348	8,998	8,742	186,850
14,500	2,837	74,640	20,302	14,904	12,416	10,973	10,037	9,393	8,933	8,598	8,354	178,549
15,000	2,710	71,324	19,400	14,242	11,865	10,485	9,591	8,975	8,536	8,216	7,982	170,617
15,500	2,590	68,156	18,539	13,609	11,338	10,019	9,165	8,577	8,157	7,851	7,628	163,038
16,000	2,475	65,128	17,715	13,004	10,834	9,574	8,758	8,196	7,794	7,502	7,289	155,795
16,500	2,365	62,235	16,928	12,427	10,353	9,149	8,369	7,832	7,448	7,169	6,965	148,874
17,000	2,260	59,470	16,176	11,875	9,893	8,743	7,997	7,484	7,117	6,850	6,656	142,261
17,500	2,160	56,828	15,458	11,347	9,453	8,354	7,642	7,151	6,801	6,546	6,360	135,941
18,000	2,064	54,304	14,771	10,843	9,033	7,983	7,303	6,834	6,499	6,255	6,078	129,902
25,461	1,972	51,891	14,115	10,361	8,632	7,628	6,978	6,530	6,210	5,977	5,808	124,131
18,500	1,884	49,586	13,488	9,901	8,249	7,290	6,668	6,240	5,934	5,712	5,550	118,617
19,000	1,801	47,383	12,888	9,461	7,882	6,966	6,372	5,963	5,671	5,458	5,303	113,347
19,500	1,750	46,053	12,316	9,041	7,532	6,656	6,089	5,698	5,419	5,216	5,067	109,087
20,000	1,730	45,535	11,970	8,639	7,197	6,361	5,818	5,445	5,178	4,984	4,842	105,970
20,500	1,679	44,176	11,836	8,397	6,878	6,078	5,560	5,203	4,948	4,763	4,627	102,465
21,000	1,629	42,858	11,482	8,302	6,685	5,808	5,313	4,972	4,728	4,551	4,422	99,121
21,500	1,580	41,579	11,140	8,055	6,610	5,645	5,077	4,751	4,518	4,349	4,225	95,948
22,000	1,533	40,339	10,807	7,814	6,412	5,581	4,934	4,540	4,317	4,156	4,038	92,939
22,500	1,487	39,135	10,485	7,581	6,221	5,415	4,879	4,412	4,126	3,971	3,858	90,083
23,000	1,443	37,967	10,172	7,355	6,035	5,253	4,733	4,363	4,010	3,795	3,687	87,370
23,500	1,400	36,834	9,868	7,135	5,855	5,097	4,592	4,233	3,965	3,688	3,523	84,791
24,000	1,358	35,735	9,574	6,923	5,681	4,945	4,455	4,106	3,846	3,647	3,424	82,335
24,500	1,318	34,669	9,288	6,716	5,511	4,797	4,322	3,984	3,732	3,538	3,386	79,942
25,000	1,278	33,634	9,011	6,516	5,347	4,654	4,193	3,865	3,620	3,432	3,285	77,557
25,500	1,240	32,631	8,742	6,321	5,187	4,515	4,068	3,750	3,512	3,330	3,187	75,242
26,000	1,203	31,657	8,481	6,133	5,032	4,380	3,947	3,638	3,407	3,230	3,091	72,997
26,500	1,167	30,712	8,228	5,950	4,882	4,250	3,829	3,529	3,306	3,134	2,999	70,819
27,000	1,132	29,796	7,983	5,772	4,736	4,123	3,715	3,424	3,207	3,041	2,910	68,706
27,500	1,099	28,907	7,745	5,600	4,595	4,000	3,604	3,322	3,111	2,950	2,823	66,656
28,000	1,066	28,044	7,514	5,433	4,458	3,880	3,496	3,223	3,019	2,862	2,739	64,667
28,500	1,034	27,208	7,289	5,271	4,325	3,765	3,392	3,126	2,929	2,776	2,657	62,737
29,000	1,003	26,396	7,072	5,113	4,196	3,652	3,291	3,033	2,841	2,694	2,578	60,865
29,500	0,973	25,608	6,861	4,961	4,071	3,543	3,192	2,943	2,756	2,613	2,501	59,049
30,000	0,944	24,844	6,656	4,813	3,949	3,438	3,097	2,855	2,674	2,535	2,426	57,287
30,500	0,916	24,103	6,457	4,669	3,831	3,335	3,005	2,770	2,594	2,460	2,354	55,577
31,000	0,889	23,383	6,265	4,530	3,717	3,235	2,915	2,687	2,517	2,386	2,283	53,919
31,500	0,862	22,686	6,078	4,395	3,606	3,139	2,828	2,607	2,442	2,315	2,215	52,310
32,000	0,836	22,009	5,896	4,263	3,499	3,045	2,744	2,529	2,369	2,246	2,149	50,749
32,500	0,811	21,352	5,721	4,136	3,394	2,954	2,662	2,454	2,298	2,179	2,085	49,235
33,000	0,787	20,715	5,550	4,013	3,293	2,866	2,582	2,380	2,230	2,114	2,023	47,766
33,500	0,764	20,097	5,384	3,893	3,195	2,781	2,505	2,309	2,163	2,051	1,963	46,340
34,000	0,741	19,497	5,224	3,777	3,099	2,698	2,431	2,240	2,099	1,990	1,904	44,958
34,500	0,719	18,915	5,068	3,664	3,007	2,617	2,358	2,174	2,036	1,930	1,847	43,616
35,000	0,697	18,351	4,916	3,555	2,917	2,539	2,288	2,109	1,975	1,873	1,792	42,315
35,500	0,677	17,803	4,770	3,449	2,830	2,463	2,219	2,046	1,916	1,817	1,739	41,052
36,000	0,656	17,272	4,627	3,346	2,746	2,390	2,153	1,985	1,859	1,763	1,687	39,827
36,500	0,637	16,757	4,489	3,246	2,664	2,319	2,089	1,925	1,804	1,710	1,636	38,639
37,000	0,618	16,257	4,355	3,149	2,584	2,249	2,027	1,868	1,750	1,659	1,588	37,486
37,500	0,599	15,772	4,225	3,055	2,507	2,182	1,966	1,812	1,698	1,609	1,540	36,367
38,000	0,581	15,301	4,099	2,964	2,432	2,117	1,908	1,758	1,647	1,561	1,494	35,282

Sumber : hasil perhitungan.

Tabel 4.31 Debit Banjir Periode Ulang Hujan 25 tahun.

Waktu (Jam)	Q(t,1)	Curah Hujan Netto (mm/jam)										Debit (Q) (m ³ /det)
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	R _{4,5}	R ₅	
		31,77	8,26	5,79	4,61	3,89	3,40	3,04	2,77	2,54	2,36	
0,000	0,000	0,000										0,000
0,500	0,010	0,322	0,000									0,322
1,000	0,053	1,698	0,084	0,000								1,782
1,500	0,141	4,494	0,441	0,059	0,000							4,994
2,000	0,282	8,963	1,168	0,310	0,047	0,000						10,488
2,500	0,482	15,313	2,330	0,819	0,247	0,039	0,000					18,748
3,000	0,747	23,719	3,980	1,634	0,652	0,208	0,034	0,000				30,228
3,500	1,081	34,337	6,165	2,792	1,301	0,551	0,182	0,031	0,000			45,359
4,000	1,489	47,309	8,925	4,325	2,223	1,099	0,481	0,163	0,028	0,000		64,552
4,477	1,976	62,764	12,297	6,261	3,443	1,877	0,960	0,431	0,148	0,026	0,000	88,205
4,500	2,544	80,821	16,314	8,626	4,984	2,907	1,641	0,859	0,391	0,136	0,024	116,703
5,000	3,198	101,594	21,007	11,444	6,867	4,209	2,541	1,467	0,780	0,360	0,126	150,396
5,500	3,941	125,188	26,406	14,736	9,110	5,799	3,679	2,272	1,333	0,718	0,334	189,576
6,000	4,775	151,702	32,539	18,524	11,731	7,693	5,069	3,290	2,065	1,226	0,666	234,506
6,500	5,705	181,232	39,431	22,825	14,747	9,907	6,725	4,533	2,990	1,899	1,139	285,426
7,000	5,834	185,327	47,106	27,660	18,171	12,453	8,660	6,013	4,119	2,750	1,764	314,022
7,500	5,608	178,151	48,170	33,044	22,020	15,345	10,885	7,744	5,465	3,789	2,553	327,164
8,000	5,359	170,236	46,305	33,790	26,306	18,595	13,413	9,734	7,037	5,026	3,517	333,961
8,500	5,121	162,674	44,248	32,482	26,900	22,214	16,254	11,994	8,846	6,472	4,667	336,752
9,000	4,893	155,447	42,282	31,039	25,859	22,716	19,418	14,535	10,900	8,136	6,009	336,342
9,500	4,676	148,542	40,404	29,660	24,710	21,837	19,857	17,364	13,209	10,026	7,554	333,161
10,000	4,468	141,943	38,609	28,342	23,612	20,867	19,088	17,756	15,780	12,149	9,308	327,454
12,871	4,270	135,637	36,894	27,083	22,563	19,940	18,240	17,069	16,136	14,514	11,279	319,356
10,500	4,080	129,612	35,255	25,880	21,561	19,054	17,430	16,310	15,511	14,842	13,475	308,930
11,000	3,899	123,854	33,689	24,731	20,603	18,207	16,655	15,586	14,822	14,267	13,779	296,194
11,500	3,726	118,352	32,192	23,632	19,688	17,399	15,915	14,894	14,164	13,633	13,246	283,115
12,000	3,560	113,094	30,762	22,582	18,813	16,626	15,208	14,232	13,535	13,028	12,657	270,538
12,500	3,402	108,070	29,396	21,579	17,978	15,887	14,533	13,600	12,933	12,449	12,095	258,519
13,000	3,251	103,269	28,090	20,620	17,179	15,181	13,887	12,996	12,359	11,896	11,558	247,035
13,500	3,106	98,682	26,842	19,704	16,416	14,507	13,270	12,418	11,810	11,367	11,044	236,061
14,000	2,968	94,298	25,649	18,829	15,687	13,863	12,681	11,867	11,285	10,862	10,554	225,574
14,500	2,837	90,109	24,510	17,993	14,990	13,247	12,117	11,339	10,784	10,380	10,085	215,553
15,000	2,710	86,106	23,421	17,193	14,324	12,658	11,579	10,836	10,305	9,919	9,637	205,978
15,500	2,590	82,281	22,381	16,429	13,687	12,096	11,065	10,354	9,847	9,478	9,209	196,827
16,000	2,475	78,626	21,387	15,700	13,079	11,559	10,573	9,894	9,410	9,057	8,800	188,083
16,500	2,365	75,133	20,436	15,002	12,498	11,045	10,104	9,455	8,992	8,655	8,409	179,728
17,000	2,260	71,795	19,529	14,336	11,943	10,554	9,655	9,035	8,592	8,270	8,035	171,744
17,500	2,160	68,606	18,661	13,699	11,413	10,086	9,226	8,633	8,210	7,903	7,678	164,114
18,000	2,064	65,558	17,832	13,090	10,906	9,638	8,816	8,250	7,846	7,552	7,337	156,824
25,461	1,972	62,646	17,040	12,509	10,421	9,209	8,424	7,883	7,497	7,216	7,011	149,857
18,500	1,884	59,863	16,283	11,953	9,958	8,800	8,050	7,533	7,164	6,896	6,700	143,200
19,000	1,801	57,203	15,560	11,422	9,516	8,409	7,692	7,199	6,846	6,589	6,402	136,839
19,500	1,750	55,598	14,868	10,915	9,093	8,036	7,351	6,879	6,542	6,297	6,118	131,695
20,000	1,730	54,972	14,451	10,430	8,689	7,679	7,024	6,573	6,251	6,017	5,846	127,932
20,500	1,679	53,332	14,288	10,137	8,303	7,338	6,712	6,281	5,973	5,750	5,586	123,701
21,000	1,629	51,741	13,862	10,023	8,070	7,012	6,414	6,002	5,708	5,494	5,338	119,664
21,500	1,580	50,197	13,448	9,724	7,979	6,815	6,129	5,735	5,454	5,250	5,101	115,833
22,000	1,533	48,699	13,047	9,434	7,741	6,738	5,957	5,481	5,212	5,017	4,874	112,200
22,500	1,487	47,246	12,658	9,152	7,510	6,537	5,890	5,327	4,981	4,794	4,658	108,753
23,000	1,443	45,836	12,280	8,879	7,286	6,342	5,714	5,267	4,841	4,581	4,451	105,477
23,500	1,400	44,468	11,914	8,614	7,069	6,153	5,544	5,110	4,786	4,452	4,253	102,363
24,000	1,358	43,141	11,558	8,357	6,858	5,969	5,378	4,957	4,644	4,402	4,134	99,399
24,500	1,318	41,854	11,213	8,108	6,653	5,791	5,218	4,809	4,505	4,271	4,087	96,510
25,000	1,278	40,605	10,879	7,866	6,455	5,618	5,062	4,666	4,371	4,144	3,965	93,630
25,500	1,240	39,393	10,554	7,631	6,262	5,451	4,911	4,527	4,240	4,020	3,847	90,836
26,000	1,203	38,218	10,239	7,403	6,075	5,288	4,765	4,392	4,114	3,900	3,732	88,126
26,500	1,167	37,078	9,934	7,183	5,894	5,130	4,622	4,261	3,991	3,784	3,621	85,496
27,000	1,132	35,971	9,637	6,968	5,718	4,977	4,484	4,133	3,872	3,671	3,513	82,945
27,500	1,099	34,898	9,350	6,760	5,547	4,829	4,351	4,010	3,756	3,561	3,408	80,470
28,000	1,066	33,856	9,071	6,559	5,382	4,685	4,221	3,890	3,644	3,455	3,306	78,069
28,500	1,034	32,846	8,800	6,363	5,221	4,545	4,095	3,774	3,535	3,352	3,208	75,739
29,000	1,003	31,866	8,537	6,173	5,065	4,409	3,973	3,662	3,430	3,252	3,112	73,479
29,500	0,973	30,915	8,283	5,989	4,914	4,278	3,854	3,552	3,328	3,155	3,019	71,287
30,000	0,944	29,993	8,036	5,810	4,768	4,150	3,739	3,446	3,228	3,061	2,929	69,159
30,500	0,916	29,098	7,796	5,637	4,625	4,026	3,628	3,344	3,132	2,969	2,842	67,096
31,000	0,889	28,230	7,563	5,469	4,487	3,906	3,519	3,244	3,039	2,881	2,757	65,094
31,500	0,862	27,387	7,337	5,305	4,353	3,789	3,414	3,147	2,948	2,795	2,674	63,151
32,000	0,836	26,570	7,119	5,147	4,224	3,676	3,312	3,053	2,860	2,711	2,595	61,267
32,500	0,811	25,777	6,906	4,993	4,098	3,567	3,214	2,962	2,775	2,630	2,517	59,439
33,000	0,787	25,008	6,700	4,844	3,975	3,460	3,118	2,874	2,692	2,552	2,442	57,665
33,500	0,764	24,262	6,500	4,700	3,857	3,357	3,025	2,788	2,611	2,476	2,369	55,944
34,000	0,741	23,538	6,306	4,560	3,742	3,257	2,934	2,705	2,534	2,402	2,299	54,275
34,500	0,719	22,835	6,118	4,424	3,630	3,160	2,847	2,624	2,458	2,330	2,230	52,656
35,000	0,697	22,154	5,935	4,292	3,522	3,065	2,762	2,546	2,385	2,261	2,163	51,084
35,500	0,677	21,493	5,758	4,164	3,417	2,974	2,679	2,470	2,313	2,193	2,099	49,560
36,000	0,656	20,852	5,586	4,039	3,315	2,885	2,600	2,396	2,244	2,128	2,036	48,081
36,500	0,637	20,229	5,420	3,919	3,216	2,799	2,522	2,325	2,177	2,064	1,975	46,646
37,000	0,618	19,626	5,258	3,802	3,120	2,716	2,447	2,255	2,112	2,003	1,917	45,254
37,500	0,599	19,040	5,101	3,688	3,027	2,634	2,374	2,188	2,049	1,943	1,859	43,904
38,000	0,581	18,472	4,949	3,578	2,936	2,556	2,303	2,123	1,988	1,885	1,804	42,594

Sumber : hasil perhitungan.

Tabel 4.32 Debit Banjir Periode Ulang Hujan 50 tahun

Waktu (Jam)	Q(t,1)	Curah Hujan Netto (mm/jam)										Debit (Q) (m ³ /det)
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	R _{4,5}	R ₅	
		35,82	9,31	6,53	5,20	4,39	3,84	3,43	3,12	2,87	2,66	
0,000	0,000	0,000										0,000
0,500	0,010	0,363	0,000									0,363
1,000	0,053	1,915	0,094	0,000								2,009
1,500	0,141	5,066	0,498	0,066	0,000							5,630
2,000	0,282	10,105	1,317	0,349	0,053	0,000						11,824
2,500	0,482	17,264	2,627	0,924	0,278	0,044	0,000					21,137
3,000	0,747	26,741	4,487	1,843	0,735	0,235	0,039	0,000				34,080
3,500	1,081	38,712	6,951	3,148	1,467	0,621	0,205	0,035	0,000			51,138
4,000	1,489	53,337	10,062	4,876	2,506	1,239	0,543	0,183	0,032	0,000		72,777
4,477	1,976	70,761	13,863	7,058	3,881	2,116	1,083	0,485	0,167	0,029	0,000	99,444
4,500	2,544	91,120	18,392	9,725	5,619	3,278	1,850	0,968	0,441	0,153	0,027	131,573
5,000	3,198	114,539	23,684	12,902	7,742	4,745	2,865	1,654	0,880	0,406	0,142	169,559
5,500	3,941	141,139	29,771	16,614	10,271	6,538	4,148	2,562	1,503	0,809	0,377	213,732
6,000	4,775	171,032	36,685	20,884	13,226	8,674	5,715	3,709	2,328	1,383	0,751	264,386
6,500	5,705	204,324	44,455	25,734	16,626	11,169	7,582	5,110	3,371	2,142	1,284	321,795
7,000	5,834	208,941	53,108	31,184	20,487	14,040	9,763	6,780	4,644	3,100	1,988	354,034
7,500	5,608	200,851	54,308	37,254	24,826	17,300	12,272	8,730	6,161	4,271	2,878	368,852
8,000	5,359	191,928	52,205	38,096	29,658	20,964	15,122	10,974	7,934	5,667	3,966	376,514
8,500	5,121	183,402	49,886	36,621	30,328	25,045	18,325	13,523	9,973	7,297	5,261	379,661
9,000	4,893	175,255	47,670	34,994	29,154	25,611	21,892	16,387	12,289	9,173	6,775	379,198
9,500	4,676	167,469	45,552	33,439	27,859	24,619	22,387	19,576	14,892	11,303	8,516	375,613
10,000	4,468	160,029	43,529	31,954	26,621	23,526	21,520	20,019	17,790	13,697	10,494	369,179
12,871	4,270	152,920	41,595	30,534	25,438	22,480	20,564	19,244	18,192	16,363	12,716	360,048
10,500	4,080	146,127	39,747	29,178	24,308	21,482	19,651	18,389	17,488	16,733	15,192	348,294
11,000	3,899	139,636	37,982	27,882	23,229	20,528	18,778	17,572	16,711	16,085	15,535	333,935
11,500	3,726	133,432	36,294	26,643	22,197	19,616	17,943	16,791	15,969	15,370	14,933	319,189
12,000	3,560	127,505	34,682	25,460	21,211	18,744	17,146	16,045	15,259	14,688	14,270	305,010
12,500	3,402	121,841	33,141	24,329	20,268	17,912	16,385	15,333	14,581	14,035	13,636	291,460
13,000	3,251	116,428	31,669	23,248	19,368	17,116	15,657	14,651	13,934	13,412	13,030	278,512
13,500	3,106	111,256	30,262	22,215	18,508	16,355	14,961	14,001	13,315	12,816	12,451	266,140
14,000	2,968	106,314	28,918	21,228	17,685	15,629	14,297	13,379	12,723	12,246	11,898	254,317
14,500	2,837	101,591	27,633	20,285	16,900	14,935	13,661	12,784	12,158	11,702	11,370	243,019
15,000	2,710	97,078	26,406	19,384	16,149	14,271	13,055	12,216	11,618	11,183	10,865	232,223
15,500	2,590	92,765	25,233	18,523	15,432	13,637	12,475	11,674	11,102	10,686	10,382	221,907
16,000	2,475	88,644	24,112	17,700	14,746	13,031	11,920	11,155	10,609	10,211	9,921	212,049
16,500	2,365	84,706	23,040	16,914	14,091	12,452	11,391	10,659	10,137	9,757	9,480	202,629
17,000	2,260	80,943	22,017	16,162	13,465	11,899	10,885	10,186	9,687	9,324	9,059	193,628
17,500	2,160	77,347	21,039	15,444	12,867	11,371	10,401	9,733	9,257	8,910	8,657	185,026
18,000	2,064	73,911	20,104	14,758	12,295	10,866	9,939	9,301	8,845	8,514	8,272	176,806
25,461	1,972	70,628	19,211	14,103	11,749	10,383	9,498	8,888	8,452	8,136	7,905	168,952
18,500	1,884	67,490	18,358	13,476	11,227	9,922	9,076	8,493	8,077	7,774	7,553	161,447
19,000	1,801	64,492	17,542	12,878	10,728	9,481	8,673	8,116	7,718	7,429	7,218	154,275
19,500	1,750	62,682	16,763	12,305	10,252	9,060	8,287	7,755	7,375	7,099	6,897	148,476
20,000	1,730	61,977	16,292	11,759	9,796	8,657	7,919	7,411	7,048	6,784	6,591	144,234
20,500	1,679	60,128	16,109	11,429	9,361	8,273	7,567	7,081	6,735	6,482	6,298	139,463
21,000	1,629	58,333	15,628	11,300	9,098	7,905	7,231	6,767	6,435	6,194	6,018	134,912
21,500	1,580	56,593	15,162	10,963	8,996	7,683	6,910	6,466	6,149	5,919	5,751	130,593
22,000	1,533	54,904	14,710	10,636	8,728	7,597	6,716	6,179	5,876	5,656	5,495	126,497
22,500	1,487	53,266	14,271	10,318	8,467	7,370	6,641	6,006	5,615	5,405	5,251	122,610
23,000	1,443	51,676	13,845	10,011	8,215	7,150	6,442	5,938	5,458	5,165	5,018	118,917
23,500	1,400	50,134	13,432	9,712	7,969	6,937	6,250	5,761	5,396	5,020	4,795	115,406
24,000	1,358	48,638	13,031	9,422	7,732	6,730	6,064	5,589	5,235	4,963	4,660	112,065
24,500	1,318	47,187	12,642	9,141	7,501	6,529	5,883	5,422	5,079	4,815	4,608	108,807
25,000	1,278	45,779	12,265	8,868	7,277	6,334	5,707	5,260	4,927	4,672	4,471	105,560
25,500	1,240	44,413	11,899	8,604	7,060	6,145	5,537	5,103	4,780	4,532	4,337	102,411
26,000	1,203	43,088	11,544	8,347	6,849	5,962	5,372	4,951	4,638	4,397	4,208	99,355
26,500	1,167	41,802	11,199	8,098	6,645	5,784	5,211	4,803	4,499	4,266	4,082	96,390
27,000	1,132	40,555	10,865	7,856	6,447	5,611	5,056	4,660	4,365	4,138	3,960	93,514
27,500	1,099	39,345	10,541	7,622	6,254	5,444	4,905	4,521	4,235	4,015	3,842	90,723
28,000	1,066	38,171	10,226	7,394	6,068	5,281	4,759	4,386	4,109	3,895	3,728	88,016
28,500	1,034	37,032	9,921	7,174	5,887	5,124	4,617	4,255	3,986	3,779	3,616	85,390
29,000	1,003	35,927	9,625	6,960	5,711	4,971	4,479	4,128	3,867	3,666	3,508	82,842
29,500	0,973	34,854	9,338	6,752	5,541	4,823	4,345	4,005	3,752	3,557	3,404	80,370
30,000	0,944	33,814	9,059	6,550	5,375	4,679	4,216	3,886	3,640	3,451	3,302	77,972
30,500	0,916	32,805	8,789	6,355	5,215	4,539	4,090	3,770	3,531	3,348	3,204	75,645
31,000	0,889	31,827	8,527	6,165	5,059	4,404	3,968	3,657	3,426	3,248	3,108	73,388
31,500	0,862	30,877	8,272	5,981	4,908	4,272	3,849	3,548	3,323	3,151	3,015	71,198
32,000	0,836	29,956	8,026	5,803	4,762	4,145	3,734	3,442	3,224	3,057	2,925	69,074
32,500	0,811	29,062	7,786	5,630	4,620	4,021	3,623	3,339	3,128	2,966	2,838	67,012
33,000	0,787	28,194	7,554	5,462	4,482	3,901	3,515	3,240	3,035	2,877	2,753	65,013
33,500	0,764	27,353	7,328	5,299	4,348	3,785	3,410	3,143	2,944	2,791	2,671	63,073
34,000	0,741	26,537	7,110	5,141	4,218	3,672	3,308	3,049	2,856	2,708	2,591	61,191
34,500	0,719	25,745	6,898	4,987	4,092	3,562	3,210	2,958	2,771	2,627	2,514	59,365
35,000	0,697	24,977	6,692	4,838	3,970	3,456	3,114	2,870	2,688	2,549	2,439	57,593
35,500	0,677	24,232	6,492	4,694	3,852	3,353	3,021	2,784	2,608	2,473	2,366	55,875
36,000	0,656	23,509	6,298	4,554	3,737	3,253	2,931	2,701	2,530	2,399	2,296	54,208
36,500	0,637	22,807	6,110	4,418	3,625	3,156	2,843	2,621	2,455	2,327	2,227	52,590
37,000	0,618	22,126	5,928	4,286	3,517	3,062	2,758	2,543	2,382	2,258	2,161	51,021
37,500	0,599	21,466	5,751	4,158	3,412	2,970	2,676	2,467	2,311	2,191	2,096	49,498
38,000	0,581	20,826	5,580	4,034	3,310	2,882	2,596	2,393	2,242	2,125	2,034	48,021

Sumber : hasil perhitungan.

Tabel 4.33 Debit Banjir Periode Ulang Hujan 100 tahun

Waktu (Jam)	Q(t,1)	Curah Hujan Netto (mm/jam)										Debit (Q) (m ³ /det)
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	R _{4,5}	R ₅	
		39,84	10,35	7,26	5,78	4,88	4,27	3,82	3,47	3,19	2,96	
0,000	0,000	0,000										0,000
0,500	0,010	0,403	0,000									0,403
1,000	0,053	2,130	0,105	0,000								2,234
1,500	0,141	5,635	0,554	0,074	0,000							6,262
2,000	0,282	11,240	1,465	0,388	0,059	0,000						13,152
2,500	0,482	19,202	2,922	1,027	0,309	0,049	0,000					23,510
3,000	0,747	29,744	4,991	2,049	0,818	0,261	0,043	0,000				37,906
3,500	1,081	43,059	7,731	3,501	1,632	0,691	0,228	0,039	0,000			56,880
4,000	1,489	59,326	11,192	5,423	2,787	1,378	0,604	0,204	0,035	0,000		80,949
4,477	1,976	78,707	15,420	7,851	4,317	2,354	1,204	0,540	0,185	0,032	0,000	110,611
4,500	2,544	101,351	20,458	10,817	6,250	3,646	2,057	1,077	0,491	0,171	0,030	146,347
5,000	3,198	127,401	26,343	14,350	8,611	5,278	3,187	1,840	0,979	0,451	0,158	188,599
5,500	3,941	156,987	33,114	18,479	11,424	7,272	4,614	2,850	1,672	0,900	0,419	237,731
6,000	4,775	190,236	40,804	23,229	14,711	9,647	6,356	4,126	2,590	1,538	0,836	294,074
6,500	5,705	227,267	49,446	28,623	18,492	12,423	8,433	5,684	3,749	2,382	1,428	357,929
7,000	5,834	232,402	59,072	34,686	22,787	15,616	10,859	7,541	5,165	3,448	2,211	393,788
7,500	5,608	223,404	60,406	41,437	27,613	19,243	13,650	9,711	6,853	4,751	3,201	410,269
8,000	5,359	213,479	58,067	42,374	32,988	23,318	16,820	12,206	8,825	6,303	4,411	418,792
8,500	5,121	203,996	55,488	40,733	33,734	27,857	20,383	15,041	11,093	8,117	5,852	422,292
9,000	4,893	194,933	53,023	38,923	32,427	28,487	24,350	18,227	13,669	10,203	7,536	421,778
9,500	4,676	186,274	50,667	37,194	30,987	27,384	24,901	21,775	16,564	12,572	9,472	417,789
10,000	4,468	177,999	48,416	35,542	29,610	26,167	23,936	22,267	19,788	15,235	11,672	410,633
12,871	4,270	170,091	46,266	33,963	28,295	25,005	22,873	21,404	20,235	18,200	14,144	400,477
10,500	4,080	162,535	44,210	32,454	27,038	23,894	21,857	20,454	19,451	18,612	16,898	387,403
11,000	3,899	155,315	42,246	31,013	25,837	22,832	20,886	19,545	18,587	17,891	17,279	371,432
11,500	3,726	148,415	40,370	29,635	24,689	21,818	19,958	18,677	17,762	17,096	16,610	355,030
12,000	3,560	141,822	38,576	28,318	23,592	20,849	19,072	17,847	16,973	16,337	15,872	339,258
12,500	3,402	135,522	36,863	27,060	22,544	19,923	18,224	17,054	16,219	15,611	15,167	324,187
13,000	3,251	129,501	35,225	25,858	21,543	19,038	17,415	16,297	15,498	14,918	14,493	309,786
13,500	3,106	123,749	33,660	24,710	20,586	18,192	16,641	15,573	14,810	14,255	13,850	296,024
14,000	2,968	118,251	32,165	23,612	19,671	17,384	15,902	14,881	14,152	13,622	13,234	282,873
14,500	2,837	112,998	30,736	22,563	18,797	16,612	15,195	14,220	13,523	13,016	12,646	270,307
15,000	2,710	107,978	29,371	21,561	17,962	15,874	14,520	13,588	12,922	12,438	12,085	258,299
15,500	2,590	103,181	28,066	20,603	17,164	15,168	13,875	12,984	12,348	11,886	11,548	246,824
16,000	2,475	98,598	26,819	19,688	16,402	14,495	13,259	12,408	11,800	11,358	11,035	235,860
16,500	2,365	94,218	25,628	18,813	15,673	13,851	12,670	11,856	11,276	10,853	10,545	225,382
17,000	2,260	90,032	24,489	17,977	14,977	13,235	12,107	11,330	10,775	10,371	10,076	215,370
17,500	2,160	86,033	23,401	17,179	14,312	12,647	11,569	10,826	10,296	9,910	9,629	205,802
18,000	2,064	82,211	22,362	16,415	13,676	12,086	11,055	10,345	9,839	9,470	9,201	196,660
25,461	1,972	78,559	21,368	15,686	13,068	11,549	10,564	9,886	9,402	9,049	8,792	187,923
18,500	1,884	75,069	20,419	14,989	12,488	11,036	10,095	9,447	8,984	8,647	8,402	179,575
19,000	1,801	71,734	19,512	14,323	11,933	10,545	9,646	9,027	8,585	8,263	8,028	171,598
19,500	1,750	69,721	18,645	13,687	11,403	10,077	9,218	8,626	8,203	7,896	7,672	165,148
20,000	1,730	68,936	18,122	13,079	10,896	9,629	8,808	8,243	7,839	7,545	7,331	160,429
20,500	1,679	66,879	17,918	12,712	10,412	9,202	8,417	7,877	7,491	7,210	7,005	155,123
21,000	1,629	64,884	17,383	12,569	10,120	8,793	8,043	7,527	7,158	6,890	6,694	150,061
21,500	1,580	62,947	16,865	12,194	10,006	8,546	7,686	7,192	6,840	6,584	6,397	145,257
22,000	1,533	61,069	16,361	11,830	9,708	8,450	7,470	6,873	6,536	6,291	6,112	140,701
22,500	1,487	59,247	15,873	11,477	9,418	8,198	7,386	6,680	6,246	6,012	5,841	136,377
23,000	1,443	57,479	15,400	11,135	9,137	7,953	7,166	6,605	6,071	5,745	5,581	132,270
23,500	1,400	55,764	14,940	10,802	8,864	7,716	6,952	6,408	6,002	5,584	5,333	128,365
24,000	1,358	54,100	14,494	10,480	8,600	7,486	6,744	6,217	5,823	5,521	5,184	124,648
24,500	1,318	52,486	14,062	10,167	8,343	7,262	6,543	6,031	5,649	5,356	5,125	121,025
25,000	1,278	50,919	13,642	9,864	8,094	7,045	6,348	5,851	5,481	5,196	4,973	117,414
25,500	1,240	49,400	13,235	9,570	7,853	6,835	6,159	5,676	5,317	5,041	4,824	113,910
26,000	1,203	47,926	12,840	9,284	7,618	6,631	5,975	5,507	5,159	4,891	4,680	110,511
26,500	1,167	46,496	12,457	9,007	7,391	6,433	5,797	5,343	5,005	4,745	4,541	107,213
27,000	1,132	45,108	12,085	8,738	7,170	6,241	5,624	5,183	4,855	4,603	4,405	104,014
27,500	1,099	43,762	11,725	8,478	6,957	6,055	5,456	5,029	4,710	4,466	4,274	100,911
28,000	1,066	42,457	11,375	8,225	6,749	5,875	5,293	4,879	4,570	4,333	4,146	97,899
28,500	1,034	41,190	11,035	7,979	6,548	5,699	5,135	4,733	4,433	4,203	4,022	94,978
29,000	1,003	39,961	10,706	7,741	6,352	5,529	4,982	4,592	4,301	4,078	3,902	92,144
29,500	0,973	38,768	10,387	7,510	6,163	5,364	4,833	4,455	4,173	3,956	3,786	89,394
30,000	0,944	37,611	10,077	7,286	5,979	5,204	4,689	4,322	4,048	3,838	3,673	86,727
30,500	0,916	36,489	9,776	7,069	5,800	5,049	4,549	4,193	3,928	3,724	3,563	84,139
31,000	0,889	35,400	9,484	6,858	5,627	4,898	4,413	4,068	3,810	3,612	3,457	81,628
31,500	0,862	34,344	9,201	6,653	5,459	4,752	4,282	3,946	3,697	3,505	3,354	79,193
32,000	0,836	33,319	8,927	6,454	5,296	4,610	4,154	3,829	3,586	3,400	3,254	76,830
32,500	0,811	32,325	8,660	6,262	5,138	4,473	4,030	3,714	3,479	3,299	3,157	74,537
33,000	0,787	31,360	8,402	6,075	4,985	4,339	3,910	3,604	3,376	3,200	3,062	72,313
33,500	0,764	30,425	8,151	5,894	4,836	4,210	3,793	3,496	3,275	3,105	2,971	70,155
34,000	0,741	29,517	7,908	5,718	4,692	4,084	3,680	3,392	3,177	3,012	2,882	68,062
34,500	0,719	28,636	7,672	5,547	4,552	3,962	3,570	3,291	3,082	2,922	2,796	66,031
35,000	0,697	27,781	7,443	5,382	4,416	3,844	3,463	3,192	2,990	2,835	2,713	64,060
35,500	0,677	26,952	7,221	5,221	4,284	3,729	3,360	3,097	2,901	2,750	2,632	62,149
36,000	0,656	26,148	7,006	5,065	4,157	3,618	3,260	3,005	2,814	2,668	2,554	60,294
36,500	0,637	25,368	6,796	4,914	4,033	3,510	3,163	2,915	2,731	2,589	2,477	58,495
37,000	0,618	24,611	6,594	4,768	3,912	3,405	3,068	2,828	2,649	2,511	2,403	56,750
37,500	0,599	23,877	6,397	4,625	3,795	3,304	2,977	2,744	2,570	2,437	2,332	55,056
38,000	0,581	23,164	6,206	4,487	3,682	3,205	2,888	2,662	2,493	2,364	2,262	53,414

Sumber : hasil perhitungan.

Tabel 4.34 Rekapitulasi debit banjir rencana hulu bendung rancasumur.

No.	Periode Ulang	Debit Banjir
	(Tahun)	(m ³ /dt)
1	2	164,328
2	5	232,229
3	10	278,942
4	25	336,752
5	50	379,661
6	100	422,292

(Sumber : hasil perhitungan.)

4.8 Aspek Teknis

Upaya pengurangan debit banjir yang terjadi di sungai Cidurian dilakukan dengan reboisasi pada lahan gundul, pembuatan tampungan berupa situ atau embung serta gabungan pemanenan air hujan dan sumur resapan.

4.8.1. Upaya pengurangan debit banjir dengan metode vegetatif.

Upaya konservasi dengan metode ini adalah dengan menghutankan kembali daerah yang gundul yaitu pada hutan lahan kering sekunder, hutan tanaman, pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campur. Luas lahan gundul sesuai dengan tabel 4.15. Kegiatan menghutankan kembali daerah yang gundul disebut dengan reboisasi. Kegiatan reboisasi yang dilakukan di wilayah studi dibagi menjadi 3 zona, yaitu Zona Hulu, Zona Tengah dan Zona Hilir. Pembagian zona reboisasi ini akan mempengaruhi jenis vegetasi yang digunakan.

➤ Zona Hulu.

Pada zona ini, lebih didominasi oleh vegetasi jenis bambu karena di zona ini merupakan daerah potensial kritis dan pada lereng dengan kemiringan > 20%. Pada zona ini, bambu ditanam di sepanjang sempadan sungai Cidurian dan lereng. Bambu dapat tumbuh pada semua jenis tanah. Dalam rangka mengurangi limpasan permukaan, bambu juga dapat menyerap air hingga 90%. Bambu juga ditanam pada lereng 8% - 20%, begitu pula dengan Bringin Putih + Porang. Bambu, Bringin Putih, dan Porang dapat beradaptasi pada lereng dengan kemiringan 55%. Pada zona, ini durian

ditanam pada kemiringan lereng $< 8\%$ dengan ketinggian 100 – 500 m dpl. Apabila durian ditanam pada ketinggian diatas 500 m dpl akan menurunkan mutunya. Luasan sebaran vegetasi zona hulu adalah sebagai berikut :

1. Bringin Putih + Porang = 1.928,18 Ha.
2. Bambu = 2.558,31 Ha.
3. Durian = 478,63 Ha.

➤ Zona Tengah.

Pada zona ini didominasi oleh vegetasi jenis bringin putih + porang. bambu ditanam di sepanjang bantaran sungai Cidurian dengan kemiringan $< 8\%$ dan $(8\% - 20\%)$. Sedangkan bringin putih ditanam pada lereng $< 8\%$ dan $(8\% - 20\%)$ tetapi tidak di bantaran sungai. Untuk durian ditanam sedikit di sempadan sungai tetapi dengan kemiringan lereng $< 8\%$ dan ketinggian < 500 m dpl. Luasan sebaran vegetasi zona tengah adalah sebagai berikut :

1. Bringin Putih + Porang = 1.900,02 Ha.
2. Bambu = 737,43 Ha.
3. Durian = 700 Ha.

➤ Zona Hilir.

Pada zona ini didominasi oleh vegetasi jenis bringin putih + porang. Untuk penanaman bambu tetap di sepanjang sempadan sungai Cidurian. Durian di zona hilir ditanam paling banyak dibanding dengan zona hulu dan zona tengah karena ketinggian di zona hilir lebih memungkinkan. Luasan sebaran vegetasi zona hilir adalah sebagai berikut :

1. Bringin Putih + Porang = 1.900,02 Ha.
2. Bambu = 737,43 Ha.
3. Durian = 700 Ha.

Penggunaan vegetasi untuk reboisasi di wilayah studi lebih didominasi oleh bringin putih + porang. Pemilihan vegetasi jenis ini karena selain dapat beradaptasi pada kemiringan lereng 0 – 55% dan dapat tumbuh pada semua jenis tanah, dari segi harga juga lebih murah. Peta lokasi sebaran jenis tanaman di wilayah studi terdapat pada Lampiran.

Upaya konservasi dengan metode vegetatif yang dilakukan akan berpengaruh terhadap perubahan nilai koefisien pengaliran. Berikut adalah tabel perhitungan koefisien pengaliran setelah dilakukan reboisasi.

Tabel 4.35 Koefisien pengaliran setelah reboisasi.

No.	Keterangan	Luas (Ha)	C							C x A	
			Topografi			Tanah	Vegetasi				
			Perbukitan (1 - 10)%	Perbukitan (10 - 20)%	Perbukitan > 20%		Pertanian	Tanpa tanaman	Hutan		
1	Hutan Lahan Kering Primer (>20%)	1399,11			0,26	0,08			0,04	0,38	531,66
2	Hutan Lahan Kering Sekunder (kemiringan 8%- 20%)	2261,46		0,16		0,09			0,04	0,29	663,36
	Lahan Gundul Hutan Lahan Kering Sekunder (kemiringan 8%-20%)	119,10		0,16		0,09			0,04	0,29	34,94
	Hutan Lahan Kering Sekunder (>20%)	197,00			0,26	0,08			0,04	0,38	74,86
	Hutan Tanaman (kemiringan < 8%)	1737,84	0,08			0,12			0,04	0,24	417,08
3	Lahan Gundul Hutan Tanaman (kemiringan <8%)	210,39	0,08			0,12			0,04	0,24	50,44
	Hutan Tanaman (kemiringan 8%-20%)	483,58		0,16		0,12			0,04	0,32	154,75
	Lahan Gundul Hutan Tanaman (kemiringan 8%-20%)	51,37		0,16		0,12			0,04	0,32	16,44
	Hutan Tanaman (>20%)	950,83			0,26	0,12			0,04	0,42	399,33
4	Perkebunan (kemiringan < 8%)	4101,24	0,08			0,12			0,04	0,24	984,30
	Perkebunan (kemiringan 8%-20%)	240,14		0,16		0,12			0,04	0,32	76,88
5	Pemukiman	1196,55								0,40	478,66
	Pertanian Lahan Kering (kemiringan < 8%)	177,92	0,08			0,12			0,04	0,24	42,72
6	Pertanian Lahan Kering (kemiringan < 8%)	2.063,85	0,08			0,12			0,04	0,24	495,36
	Pertanian Lahan Kering (kemiringan 8%-20%)	1932,38		0,16		0,12			0,04	0,32	618,36
	Pertanian Lahan Kering (kemiringan 8%-20%)	2.237,34		0,16		0,12			0,04	0,32	715,96
7	Pertanian Lahan Kering Campur (kemiringan < 8%)	1669,21	0,08			0,12			0,04	0,24	400,66
	Pertanian Lahan Kering Campur (kemiringan < 8%)	5.532,64	0,08			0,12			0,04	0,24	1327,88
	Pertanian Lahan Kering Campur (kemiringan 8%-20%)	1040,71		0,16		0,12			0,04	0,32	333,08
	Pertanian Lahan Kering Campur (kemiringan 8%-20%)	1.563,86		0,16		0,12			0,04	0,32	500,44
	Pertanian Lahan Kering Campur (>20%)	130,23			0,26	0,09			0,04	0,39	51,22
8	Sawah	2978,06	0,08			0,12	0,11			0,31	923,22
JUMLAH		32274,81									9291,38
(C x A)/Luas		0,288									

(Sumber : hasil perhitungan)

Nilai koefisien pengaliran setelah reboisasi adalah sebesar 0,288, dimana sebelum adanya reboisasi adalah 0,375. Perhitungan debit banjir setelah adanya reboisasi adalah sebagai berikut :

a. Karakteristik DAS dan hujan.

- Luas DAS (A) = 322,70 km².
- Panjang sungai utama (L) = 69,20 km.
- Curah hujan efektif (R_o) = 1 mm.
- Koefisien karakteristik DAS (α) = 3
- Koefisien pengaliran setelah reboisasi = 0,288

b. Parameter Hidrograf satuan sintetis.

- Time Lag (T_g)
 $L > 15 \text{ km}, T_g = 0,40 + 0,058 L$
 $T_g = 0,40 + 0,058 (69,20)$
 $T_g = 4,416 \text{ jam}$
- Satuan waktu hujan (T_r)

$$T_r = 0,75 T_g$$

$$T_r = 0,75 (4,416)$$

$$T_r = 3,312 \text{ jam}$$

- Waktu puncak (T_p)

$$T_p = T_g + 0,8T_r$$

$$T_p = 4,416 + 0,8(3,312)$$

$$T_p = 7,065 \text{ jam}$$

- Waktu penurunan debit puncak 30% ($T_{0,3}$)

$$T_{0,3} = \propto T_g$$

$$T_{0,3} = 3 (4,416)$$

$$T_{0,3} = 13,248 \text{ jam}$$

- Debit puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{(322.7) (1)}{3,6(0,3(7,065) + 13,248)}$$

$$Q_p = 5,834 \text{ R m}^3/\text{dt.}$$

c. Perhitungan hidrograf satuan.

- Persamaan lengkung naik ($0 \leq t \leq T_p$)

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4}$$

- Persamaan lengkung turun 1 ($T_p \leq t \leq T_p + T_{0,3}$)

$$Q_{d1} = Q_p 0,3^{\left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right)}$$

- Persamaan lengkung turun 2 ($T_p + T_{0,3} \leq t \leq T_p + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_{d2} = Q_p 0,3^{\left(\frac{t-T_p+0.5T_{0,3}}{1.5T_{0,3}} \right)}$$

- Persamaan lengkung turun 3 ($t \geq T_p + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_{d3} = Q_p 0,3^{\left(\frac{t-T_p+1.5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right)}$$

Hasil perhitungan hidrograf satuan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.36 Persamaan lengkung naik.

Waktu (t) (jam)	HSS Unit		Q(t,1) (m ³ /det)	Keterangan
	X	Y		
0,000	0,000	0,000	0,000	$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4}$
0,500	0,071	0,002	0,010	
1,000	0,142	0,009	0,053	
1,500	0,212	0,024	0,141	
2,000	0,283	0,048	0,282	
2,500	0,354	0,083	0,482	
3,000	0,425	0,128	0,747	
3,500	0,495	0,185	1,081	
4,000	0,566	0,255	1,489	
4,500	0,637	0,339	1,976	
5,000	0,708	0,436	2,544	
5,500	0,778	0,548	3,198	
6,000	0,849	0,675	3,941	
6,500	0,920	0,819	4,775	
7,000	0,991	0,978	5,705	
7,065	1,000	1,000	5,834	

(Sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 4.37 Persamaan lengkung turun 1.

Waktu (t) (jam)	HSS Unit		Q(t,1) (m ³ /det)	Keterangan
	X	Y		
7,500	1,062	0,961	5,608	$Q_{dl} = Q_p \cdot 0.3^{\left(\frac{t-T_p}{T_{0.3}} \right)}$
8,000	1,132	0,919	5,359	
8,500	1,203	0,878	5,121	
9,000	1,274	0,839	4,893	
9,500	1,345	0,802	4,676	
10,000	1,415	0,766	4,468	
10,500	1,486	0,732	4,270	
11,000	1,557	0,699	4,080	
11,500	1,628	0,668	3,899	
12,000	1,698	0,639	3,726	
12,500	1,769	0,610	3,560	
13,000	1,840	0,583	3,402	
13,500	1,911	0,557	3,251	
14,000	1,981	0,532	3,106	
14,500	2,052	0,509	2,968	
15,000	2,123	0,486	2,837	
15,500	2,194	0,465	2,710	
16,000	2,265	0,444	2,590	
16,500	2,335	0,424	2,475	
17,000	2,406	0,405	2,365	
17,500	2,477	0,387	2,260	
18,000	2,548	0,370	2,160	
18,500	2,618	0,354	2,064	
19,000	2,689	0,338	1,972	
19,500	2,760	0,323	1,884	
20,000	2,831	0,309	1,801	
20,313	2,875	0,300	1,750	

(Sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 4.38 Persamaan lengkung turun 2.

Waktu (t) (jam)	HSS Unit		Q(t,1) (m ³ /det)	Keterangan
	X	Y		
20,500	2,901	0,297	1,730	$Q_{d2} = Q_p \cdot 0.3^{\left(\frac{t - T_p + 0.5T_{03}}{1.5 \cdot T_{03}} \right)}$
21,000	2,972	0,288	1,679	
21,500	3,043	0,279	1,629	
22,000	3,114	0,271	1,580	
22,500	3,185	0,263	1,533	
23,000	3,255	0,255	1,487	
23,500	3,326	0,247	1,443	
24,000	3,397	0,240	1,400	
24,500	3,468	0,233	1,358	
25,000	3,538	0,226	1,318	
25,500	3,609	0,219	1,278	
26,000	3,680	0,213	1,240	
26,500	3,751	0,206	1,203	
27,000	3,821	0,200	1,167	
27,500	3,892	0,194	1,132	
28,000	3,963	0,188	1,099	
28,500	4,034	0,183	1,066	
29,000	4,104	0,177	1,034	
29,500	4,175	0,172	1,003	
30,000	4,246	0,167	0,973	
30,500	4,317	0,162	0,944	
31,000	4,388	0,157	0,916	
31,500	4,458	0,152	0,889	
32,000	4,529	0,148	0,862	
32,500	4,600	0,143	0,836	
33,000	4,671	0,139	0,811	
33,500	4,741	0,135	0,787	
34,000	4,812	0,131	0,764	
34,500	4,883	0,127	0,741	
35,000	4,954	0,123	0,719	

(Sumber : Hasil perhitungan)

Lanjutan Tabel 4.38.

Waktu (t) (jam)	HSS Unit		Q(t,1) (m ³ /det)	Keterangan
	X	Y		
35,000	4,954	0,123	0,719	
35,500	5,024	0,120	0,697	
36,000	5,095	0,116	0,677	
36,500	5,166	0,113	0,656	
37,000	5,237	0,109	0,637	
37,500	5,308	0,106	0,618	
38,000	5,378	0,103	0,599	
38,500	5,449	0,100	0,581	
39,000	5,520	0,097	0,564	
39,500	5,591	0,094	0,547	
40,000	5,661	0,091	0,531	
40,185	5,688	0,090	0,525	

(Sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 4.39 Persamaan lengkung turun 3.

Waktu (t) (jam)	HSS Unit		Q(t,1) (m ³ /det)	Keterangan
	X	Y		
40,500	5,732	0,089	0,518	$Q_{d3} = Q_p \cdot 0.3^{\left(\frac{t - T_p + 1.5 \cdot T_{0.3}}{2 \cdot T_{0.3}} \right)}$
41,000	5,803	0,087	0,506	
41,500	5,874	0,085	0,495	
42,000	5,944	0,083	0,483	
42,500	6,015	0,081	0,473	
43,000	6,086	0,079	0,462	
43,500	6,157	0,077	0,452	
44,000	6,227	0,076	0,441	
44,500	6,298	0,074	0,432	
45,000	6,369	0,072	0,422	
45,500	6,440	0,071	0,412	
46,000	6,511	0,069	0,403	
46,500	6,581	0,068	0,394	
47,000	6,652	0,066	0,385	
47,500	6,723	0,065	0,377	
48,000	6,794	0,063	0,368	
48,500	6,864	0,062	0,360	
49,000	6,935	0,060	0,352	
49,500	7,006	0,059	0,344	
50,000	7,077	0,058	0,336	
50,500	7,147	0,056	0,329	
51,000	7,218	0,055	0,321	
51,500	7,289	0,054	0,314	
52,000	7,360	0,053	0,307	
52,500	7,431	0,051	0,300	
53,000	7,501	0,050	0,293	
53,500	7,572	0,049	0,287	
54,000	7,643	0,048	0,280	
54,500	7,714	0,047	0,274	
55,000	7,784	0,046	0,268	
55,500	7,855	0,045	0,262	
56,000	7,926	0,044	0,256	
56,500	7,997	0,043	0,250	
57,000	8,067	0,042	0,245	
57,500	8,138	0,041	0,239	
58,000	8,209	0,040	0,234	
58,500	8,280	0,039	0,228	
59,000	8,350	0,038	0,223	
59,500	8,421	0,037	0,218	
60,000	8,492	0,037	0,213	

(Sumber : Hasil perhitungan)

Lanjutan Tabel 4.39

Waktu (t) (jam)	HSS Unit		Q(t,1) (m ³ /det)	Keterangan
	X	Y		
60,500	8,563	0,036	0,209	$Q_{d3} = Q_p \cdot 0.3^{\left(\frac{t - T_p + 1.5 \cdot T_{0.3}}{2 \cdot T_{0.3}} \right)}$
61,000	8,634	0,035	0,204	
61,500	8,704	0,034	0,199	
62,000	8,775	0,033	0,195	
62,500	8,846	0,033	0,190	
63,000	8,917	0,032	0,186	
63,500	8,987	0,031	0,182	
64,000	9,058	0,030	0,178	
64,500	9,129	0,030	0,174	
65,000	9,200	0,029	0,170	
65,500	9,270	0,028	0,166	
66,000	9,341	0,028	0,162	
66,500	9,412	0,027	0,159	
67,000	9,483	0,027	0,155	
67,500	9,554	0,026	0,152	
68,000	9,624	0,025	0,148	
68,500	9,695	0,025	0,145	
69,000	9,766	0,024	0,142	
69,500	9,837	0,024	0,139	
70,000	9,907	0,023	0,135	
70,500	9,978	0,023	0,132	
71,000	10,049	0,022	0,129	
71,500	10,120	0,022	0,127	
72,000	10,190	0,021	0,124	
72,500	10,261	0,021	0,121	
73,000	10,332	0,020	0,118	
73,500	10,403	0,020	0,116	
74,000	10,473	0,019	0,113	
74,500	10,544	0,019	0,110	
75,000	10,615	0,019	0,108	
75,500	10,686	0,018	0,106	
76,000	10,757	0,018	0,103	
76,500	10,827	0,017	0,101	
77,000	10,898	0,017	0,099	
77,500	10,969	0,017	0,096	
78,000	11,040	0,016	0,094	
78,500	11,110	0,016	0,092	
79,000	11,181	0,015	0,090	
79,500	11,252	0,015	0,088	
80,000	11,323	0,015	0,086	
80,500	11,393	0,014	0,084	
81,000	11,464	0,014	0,082	
81,500	11,535	0,014	0,080	
82,000	11,606	0,013	0,079	
82,500	11,677	0,013	0,077	
83,000	11,747	0,013	0,075	
83,500	11,818	0,013	0,073	
84,000	11,889	0,012	0,072	
84,500	11,960	0,012	0,070	
85,000	12,030	0,012	0,069	
85,500	12,101	0,011	0,067	
86,000	12,172	0,011	0,065	
86,500	12,243	0,011	0,064	
87,000	12,313	0,011	0,063	
87,500	12,384	0,010	0,061	
88,000	12,455	0,010	0,060	
88,500	12,526	0,010	0,058	
89,000	12,596	0,010	0,057	
89,500	12,667	0,010	0,056	
90,000	12,738	0,009	0,055	

(Sumber : Hasil perhitungan)

Hasil perhitungan debit banjir setelah adanya reboisasi dengan Metode Hidrograf Nakayasu Periode Ulang Hujan (PUH) dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.40 Debit Banjir Setelah Reboisasi Periode Ulang Hujan 2 tahun.

Waktu (Jam)	Q(t,1)	Curah Hujan Netto (mm/jam)										Debit (Q) (m ³ /det)
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	R _{4,5}	R ₅	
		11,91	3,09	2,17	1,73	1,46	1,28	1,14	1,04	0,95	0,89	
0,000	0,000	0,000										0,000
0,500	0,010	0,121	0,000									0,121
1,000	0,053	0,636	0,031	0,000								0,668
1,500	0,141	1,684	0,165	0,022	0,000							1,872
2,000	0,282	3,359	0,438	0,116	0,018	0,000						3,930
2,500	0,482	5,739	0,873	0,307	0,092	0,015	0,000					7,026
3,000	0,747	8,889	1,492	0,612	0,244	0,078	0,013	0,000				11,328
3,500	1,081	12,868	2,310	1,046	0,488	0,206	0,068	0,012	0,000			16,999
4,000	1,489	17,730	3,345	1,621	0,833	0,412	0,180	0,061	0,010	0,000		24,192
4,477	1,976	23,522	4,608	2,346	1,290	0,703	0,360	0,161	0,055	0,010	0,000	33,057
4,500	2,544	30,289	6,114	3,233	1,868	1,090	0,615	0,322	0,147	0,051	0,009	43,737
5,000	3,198	38,074	7,873	4,289	2,574	1,577	0,952	0,550	0,292	0,135	0,047	56,364
5,500	3,941	46,916	9,896	5,523	3,414	2,173	1,379	0,852	0,500	0,269	0,125	71,047
6,000	4,775	56,853	12,195	6,942	4,397	2,883	1,900	1,233	0,774	0,460	0,250	87,885
6,500	5,705	67,920	14,777	8,554	5,527	3,713	2,520	1,699	1,120	0,712	0,427	106,969
7,000	5,834	69,455	17,654	10,366	6,810	4,667	3,245	2,254	1,544	1,031	0,661	117,685
7,500	5,608	66,765	18,053	12,384	8,252	5,751	4,079	2,902	2,048	1,420	0,957	122,611
8,000	5,359	63,799	17,354	12,664	9,859	6,969	5,027	3,648	2,637	1,884	1,318	125,158
8,500	5,121	60,965	16,583	12,173	10,081	8,325	6,092	4,495	3,315	2,426	1,749	126,204
9,000	4,893	58,257	15,846	11,632	9,691	8,513	7,277	5,447	4,085	3,049	2,252	126,050
9,500	4,676	55,669	15,142	11,116	9,261	8,184	7,442	6,507	4,950	3,757	2,831	124,858
10,000	4,468	53,196	14,469	10,622	8,849	7,820	7,154	6,654	5,914	4,553	3,488	122,719
12,871	4,270	50,833	13,827	10,150	8,456	7,473	6,836	6,397	6,047	5,439	4,227	119,684
10,500	4,080	48,574	13,212	9,699	8,080	7,141	6,532	6,113	5,813	5,562	5,050	115,777
11,000	3,899	46,417	12,626	9,268	7,721	6,824	6,242	5,841	5,555	5,347	5,164	111,004
11,500	3,726	44,355	12,065	8,857	7,378	6,520	5,965	5,582	5,308	5,109	4,964	106,102
12,000	3,560	42,384	11,529	8,463	7,051	6,231	5,700	5,334	5,072	4,882	4,744	101,389
12,500	3,402	40,501	11,017	8,087	6,737	5,954	5,446	5,097	4,847	4,665	4,533	96,885
13,000	3,251	38,702	10,527	7,728	6,438	5,690	5,204	4,870	4,632	4,458	4,331	92,581
13,500	3,106	36,983	10,059	7,385	6,152	5,437	4,973	4,654	4,426	4,260	4,139	88,468
14,000	2,968	35,340	9,613	7,057	5,879	5,195	4,752	4,447	4,229	4,071	3,955	84,538
14,500	2,837	33,770	9,186	6,743	5,618	4,964	4,541	4,250	4,041	3,890	3,779	80,783
15,000	2,710	32,270	8,778	6,443	5,368	4,744	4,340	4,061	3,862	3,717	3,612	77,194
15,500	2,590	30,836	8,388	6,157	5,130	4,533	4,147	3,880	3,690	3,552	3,451	73,765
16,000	2,475	29,466	8,015	5,884	4,902	4,332	3,963	3,708	3,526	3,394	3,298	70,488
16,500	2,365	28,157	7,659	5,622	4,684	4,139	3,786	3,543	3,370	3,244	3,151	67,356
17,000	2,260	26,907	7,319	5,373	4,476	3,955	3,618	3,386	3,220	3,099	3,011	64,364
17,500	2,160	25,711	6,994	5,134	4,277	3,780	3,458	3,236	3,077	2,962	2,878	61,505
18,000	2,064	24,569	6,683	4,906	4,087	3,612	3,304	3,092	2,940	2,830	2,750	58,773
25,461	1,972	23,478	6,386	4,688	3,906	3,451	3,157	2,954	2,810	2,704	2,628	56,162
18,500	1,884	22,435	6,102	4,480	3,732	3,298	3,017	2,823	2,685	2,584	2,511	53,667
19,000	1,801	21,438	5,831	4,281	3,566	3,152	2,883	2,698	2,566	2,469	2,399	51,283
19,500	1,750	20,836	5,572	4,090	3,408	3,012	2,755	2,578	2,452	2,360	2,293	49,355
20,000	1,730	20,602	5,416	3,909	3,256	2,878	2,632	2,463	2,343	2,255	2,191	47,945
20,500	1,679	19,987	5,355	3,799	3,112	2,750	2,516	2,354	2,239	2,155	2,094	46,359
21,000	1,629	19,391	5,195	3,756	3,024	2,628	2,404	2,249	2,139	2,059	2,001	44,846
21,500	1,580	18,812	5,040	3,644	2,990	2,554	2,297	2,149	2,044	1,968	1,912	43,411
22,000	1,533	18,251	4,890	3,535	2,901	2,525	2,233	2,054	1,953	1,880	1,827	42,049
22,500	1,487	17,706	4,744	3,430	2,815	2,450	2,207	1,996	1,867	1,797	1,746	40,757
23,000	1,443	17,178	4,602	3,328	2,731	2,377	2,142	1,974	1,814	1,717	1,668	39,530
23,500	1,400	16,665	4,465	3,228	2,649	2,306	2,078	1,915	1,794	1,669	1,594	38,363
24,000	1,358	16,168	4,332	3,132	2,570	2,237	2,016	1,858	1,740	1,650	1,549	37,252
24,500	1,318	15,686	4,202	3,039	2,493	2,170	1,955	1,802	1,688	1,601	1,532	36,169
25,000	1,278	15,218	4,077	2,948	2,419	2,106	1,897	1,749	1,638	1,553	1,486	35,090
25,500	1,240	14,763	3,955	2,860	2,347	2,043	1,841	1,696	1,589	1,507	1,442	34,043
26,000	1,203	14,323	3,837	2,775	2,277	1,982	1,786	1,646	1,542	1,462	1,399	33,027
26,500	1,167	13,896	3,723	2,692	2,209	1,923	1,732	1,597	1,496	1,418	1,357	32,041
27,000	1,132	13,481	3,612	2,611	2,143	1,865	1,681	1,549	1,451	1,376	1,316	31,085
27,500	1,099	13,079	3,504	2,534	2,079	1,810	1,630	1,503	1,408	1,335	1,277	30,158
28,000	1,066	12,688	3,399	2,458	2,017	1,756	1,582	1,458	1,366	1,295	1,239	29,258
28,500	1,034	12,310	3,298	2,385	1,957	1,703	1,535	1,414	1,325	1,256	1,202	28,385
29,000	1,003	11,942	3,200	2,313	1,898	1,652	1,489	1,372	1,285	1,219	1,166	27,538
29,500	0,973	11,586	3,104	2,244	1,842	1,603	1,444	1,331	1,247	1,182	1,131	26,716
30,000	0,944	11,240	3,011	2,177	1,787	1,555	1,401	1,292	1,210	1,147	1,098	25,919
30,500	0,916	10,905	2,922	2,112	1,733	1,509	1,359	1,253	1,174	1,113	1,065	25,145
31,000	0,889	10,580	2,834	2,049	1,682	1,464	1,319	1,216	1,139	1,080	1,033	24,395
31,500	0,862	10,264	2,750	1,988	1,632	1,420	1,280	1,179	1,105	1,047	1,002	23,667
32,000	0,836	9,958	2,668	1,929	1,583	1,378	1,241	1,144	1,072	1,016	0,972	22,961
32,500	0,811	9,660	2,588	1,871	1,536	1,337	1,204	1,110	1,040	0,986	0,943	22,276
33,000	0,787	9,372	2,511	1,816	1,490	1,297	1,168	1,077	1,009	0,956	0,915	21,611
33,500	0,764	9,093	2,436	1,761	1,445	1,258	1,134	1,045	0,979	0,928	0,888	20,966
34,000	0,741	8,821	2,363	1,709	1,402	1,221	1,100	1,014	0,949	0,900	0,861	20,341
34,500	0,719	8,558	2,293	1,658	1,360	1,184	1,067	0,983	0,921	0,873	0,836	19,734
35,000	0,697	8,303	2,224	1,608	1,320	1,149	1,035	0,954	0,894	0,847	0,811	19,145
35,500	0,677	8,055	2,158	1,560	1,280	1,115	1,004	0,926	0,867	0,822	0,787	18,574
36,000	0,656	7,815	2,094	1,514	1,242	1,081	0,974	0,898	0,841	0,797	0,763	18,019

(Sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 4.41 Debit Banjir Setelah Reboisasi Periode Ulang Hujan 5 tahun.

Waktu (Jam)	Q(t,1)	Curah Hujan Netto (mm/jam)										Debit (Q) (m ³ /det)
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	R _{4,5}	R ₅	
		16,82	4,37	3,07	2,44	2,06	1,80	1,61	1,46	1,35	1,25	
0,000	0,000	0,000										0,000
0,500	0,010	0,170	0,000									0,170
1,000	0,053	0,899	0,044	0,000								0,944
1,500	0,141	2,380	0,234	0,031	0,000							2,645
2,000	0,282	4,747	0,619	0,164	0,025	0,000						5,555
2,500	0,482	8,110	1,234	0,434	0,131	0,021	0,000					9,929
3,000	0,747	12,562	2,108	0,866	0,345	0,110	0,018	0,000				16,009
3,500	1,081	18,186	3,265	1,479	0,689	0,292	0,096	0,016	0,000			24,023
4,000	1,489	25,056	4,727	2,290	1,177	0,582	0,255	0,086	0,015	0,000		34,188
4,477	1,976	33,241	6,513	3,316	1,823	0,994	0,509	0,228	0,078	0,014	0,000	46,716
4,500	2,544	42,805	8,640	4,568	2,640	1,540	0,869	0,455	0,207	0,072	0,013	61,809
5,000	3,198	53,807	11,126	6,061	3,637	2,229	1,346	0,777	0,413	0,191	0,067	79,653
5,500	3,941	66,303	13,986	7,805	4,825	3,071	1,949	1,204	0,706	0,380	0,177	100,404
6,000	4,775	80,345	17,233	9,811	6,213	4,075	2,685	1,742	1,094	0,649	0,353	124,200
6,500	5,705	95,985	20,883	12,089	7,810	5,247	3,562	2,401	1,583	1,006	0,603	151,169
7,000	5,834	98,154	24,948	14,649	9,624	6,595	4,586	3,185	2,182	1,456	0,934	166,314
7,500	5,608	94,353	25,512	17,501	11,662	8,127	5,765	4,101	2,894	2,007	1,352	173,274
8,000	5,359	90,161	24,524	17,896	13,932	9,848	7,104	5,155	3,727	2,662	1,863	176,874
8,500	5,121	86,156	23,435	17,203	14,247	11,765	8,609	6,352	4,685	3,428	2,472	178,352
9,000	4,893	82,329	22,394	16,439	13,695	12,031	10,284	7,698	5,773	4,309	3,183	178,135
9,500	4,676	78,671	21,399	15,709	13,087	11,565	10,517	9,196	6,996	5,310	4,001	176,450
10,000	4,468	75,177	20,448	15,011	12,506	11,052	10,109	9,404	8,357	6,434	4,930	173,428
12,871	4,270	71,837	19,540	14,344	11,950	10,561	9,660	9,040	8,546	7,687	5,974	169,139
10,500	4,080	68,646	18,672	13,707	11,419	10,091	9,231	8,638	8,215	7,861	7,137	163,617
11,000	3,899	65,596	17,842	13,098	10,912	9,643	8,821	8,255	7,850	7,556	7,298	156,872
11,500	3,726	62,682	17,050	12,516	10,427	9,215	8,429	7,888	7,502	7,220	7,015	149,944
12,000	3,560	59,898	16,292	11,960	9,964	8,805	8,055	7,538	7,168	6,900	6,704	143,283
12,500	3,402	57,237	15,569	11,429	9,521	8,414	7,697	7,203	6,850	6,593	6,406	136,918
13,000	3,251	54,694	14,877	10,921	9,098	8,040	7,355	6,883	6,546	6,300	6,121	130,836
13,500	3,106	52,264	14,216	10,436	8,694	7,683	7,028	6,577	6,255	6,020	5,849	125,024
14,000	2,968	49,943	13,585	9,972	8,308	7,342	6,716	6,285	5,977	5,753	5,589	119,470
14,500	2,837	47,724	12,981	9,529	7,939	7,016	6,418	6,006	5,711	5,497	5,341	114,162
15,000	2,710	45,604	12,404	9,106	7,586	6,704	6,133	5,739	5,458	5,253	5,104	109,091
15,500	2,590	43,578	11,853	8,701	7,249	6,406	5,860	5,484	5,215	5,020	4,877	104,245
16,000	2,475	41,642	11,327	8,315	6,927	6,122	5,600	5,240	4,984	4,797	4,660	99,614
16,500	2,365	39,792	10,824	7,946	6,619	5,850	5,351	5,007	4,762	4,584	4,453	95,188
17,000	2,260	38,024	10,343	7,593	6,325	5,590	5,113	4,785	4,551	4,380	4,256	90,960
17,500	2,160	36,335	9,883	7,255	6,044	5,342	4,886	4,572	4,348	4,186	4,067	86,919
18,000	2,064	34,721	9,444	6,933	5,776	5,104	4,669	4,369	4,155	4,000	3,886	83,058
25,461	1,972	33,179	9,025	6,625	5,519	4,878	4,462	4,175	3,971	3,822	3,713	79,368
18,500	1,884	31,705	8,624	6,331	5,274	4,661	4,264	3,990	3,794	3,652	3,548	75,842
19,000	1,801	30,296	8,241	6,049	5,040	4,454	4,074	3,813	3,626	3,490	3,391	72,473
19,500	1,750	29,446	7,875	5,781	4,816	4,256	3,893	3,643	3,465	3,335	3,240	69,749
20,000	1,730	29,115	7,654	5,524	4,602	4,067	3,720	3,481	3,311	3,187	3,096	67,756
20,500	1,679	28,246	7,568	5,369	4,398	3,886	3,555	3,327	3,164	3,045	2,959	65,515
21,000	1,629	27,403	7,342	5,308	4,274	3,714	3,397	3,179	3,023	2,910	2,827	63,377
21,500	1,580	26,585	7,123	5,150	4,226	3,609	3,246	3,038	2,889	2,781	2,702	61,348
22,000	1,533	25,792	6,910	4,996	4,100	3,569	3,155	2,903	2,760	2,657	2,582	59,424
22,500	1,487	25,023	6,704	4,847	3,978	3,462	3,119	2,821	2,638	2,539	2,467	57,598
23,000	1,443	24,276	6,504	4,703	3,859	3,359	3,026	2,790	2,564	2,426	2,357	55,863
23,500	1,400	23,551	6,310	4,562	3,744	3,259	2,936	2,706	2,535	2,358	2,253	54,214
24,000	1,358	22,849	6,122	4,426	3,632	3,161	2,848	2,626	2,459	2,332	2,189	52,644
24,500	1,318	22,167	5,939	4,294	3,524	3,067	2,763	2,547	2,386	2,262	2,165	51,114
25,000	1,278	21,505	5,762	4,166	3,419	2,976	2,681	2,471	2,315	2,195	2,100	49,589
25,500	1,240	20,864	5,590	4,042	3,317	2,887	2,601	2,397	2,246	2,129	2,037	48,109
26,000	1,203	20,241	5,423	3,921	3,218	2,801	2,523	2,326	2,179	2,066	1,977	46,674
26,500	1,167	19,637	5,261	3,804	3,122	2,717	2,448	2,256	2,114	2,004	1,918	45,281
27,000	1,132	19,051	5,104	3,691	3,028	2,636	2,375	2,189	2,051	1,944	1,860	43,930
27,500	1,099	18,483	4,952	3,580	2,938	2,557	2,304	2,124	1,989	1,886	1,805	42,619
28,000	1,066	17,931	4,804	3,474	2,850	2,481	2,235	2,060	1,930	1,830	1,751	41,347
28,500	1,034	17,396	4,661	3,370	2,765	2,407	2,169	1,999	1,872	1,775	1,699	40,113
29,000	1,003	16,877	4,522	3,269	2,683	2,335	2,104	1,939	1,817	1,722	1,648	38,916
29,500	0,973	16,373	4,387	3,172	2,603	2,266	2,041	1,881	1,762	1,671	1,599	37,755
30,000	0,944	15,885	4,256	3,077	2,525	2,198	1,980	1,825	1,710	1,621	1,551	36,629
30,500	0,916	15,411	4,129	2,985	2,450	2,132	1,921	1,771	1,659	1,573	1,505	35,536
31,000	0,889	14,951	4,006	2,896	2,377	2,069	1,864	1,718	1,609	1,526	1,460	34,475
31,500	0,862	14,505	3,886	2,810	2,306	2,007	1,808	1,667	1,561	1,480	1,416	33,446
32,000	0,836	14,072	3,770	2,726	2,237	1,947	1,754	1,617	1,515	1,436	1,374	32,448
32,500	0,811	13,652	3,658	2,645	2,170	1,889	1,702	1,569	1,469	1,393	1,333	31,480
33,000	0,787	13,245	3,548	2,566	2,105	1,833	1,651	1,522	1,426	1,352	1,293	30,541
33,500	0,764	12,850	3,443	2,489	2,043	1,778	1,602	1,477	1,383	1,311	1,255	29,630
34,000	0,741	12,466	3,340	2,415	1,982	1,725	1,554	1,432	1,342	1,272	1,217	28,745
34,500	0,719	12,094	3,240	2,343	1,923	1,673	1,508	1,390	1,302	1,234	1,181	27,888
35,000	0,697	11,733	3,144	2,273	1,865	1,623	1,463	1,348	1,263	1,197	1,146	27,056
35,500	0,677	11,383	3,050	2,205	1,809	1,575	1,419	1,308	1,225	1,162	1,112	26,248
36,000	0,656	11,044	2,959	2,139	1,755	1,528	1,377	1,269	1,189	1,127	1,078	25,465

(Sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 4.42 Debit Banjir Setelah Reboisasi Periode Ulang Hujan 10 tahun.

Waktu (Jam)	Q(t,1)	Curah Hujan Netto (mm/jam)										Debit (Q) (m ³ /det)
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	R _{4,5}	R ₅	
		20,21	5,25	3,68	2,93	2,48	2,17	1,94	1,76	1,62	1,50	
0,000	0,000	0,000										0,000
0,500	0,010	0,205	0,000									0,205
1,000	0,053	1,080	0,053	0,000								1,134
1,500	0,141	2,859	0,281	0,037	0,000							3,177
2,000	0,282	5,702	0,743	0,197	0,030	0,000						6,672
2,500	0,482	9,741	1,482	0,521	0,157	0,025	0,000					11,927
3,000	0,747	15,089	2,532	1,040	0,415	0,132	0,022	0,000				19,230
3,500	1,081	21,844	3,922	1,776	0,828	0,350	0,116	0,020	0,000			28,855
4,000	1,489	30,096	5,678	2,751	1,414	0,699	0,306	0,104	0,018	0,000		41,065
4,477	1,976	39,928	7,823	3,983	2,190	1,194	0,611	0,274	0,094	0,016	0,000	56,112
4,500	2,544	51,415	10,378	5,487	3,171	1,850	1,044	0,546	0,249	0,087	0,015	74,241
5,000	3,198	64,630	13,364	7,280	4,368	2,677	1,617	0,933	0,496	0,229	0,080	95,675
5,500	3,941	79,639	16,799	9,374	5,796	3,689	2,340	1,446	0,848	0,457	0,213	120,600
6,000	4,775	96,506	20,700	11,784	7,463	4,894	3,225	2,093	1,314	0,780	0,424	149,182
6,500	5,705	115,292	25,084	14,520	9,381	6,302	4,278	2,884	1,902	1,208	0,724	181,576
7,000	5,834	117,897	29,967	17,596	11,560	7,922	5,509	3,825	2,620	1,749	1,122	199,767
7,500	5,608	113,332	30,644	21,021	14,008	9,762	6,925	4,926	3,476	2,410	1,624	208,128
8,000	5,359	108,297	29,457	21,496	16,735	11,829	8,533	6,192	4,477	3,198	2,238	212,451
8,500	5,121	103,486	28,149	20,664	17,113	14,132	10,340	7,630	5,627	4,118	2,969	214,227
9,000	4,893	98,889	26,898	19,746	16,450	14,451	12,353	9,246	6,934	5,176	3,823	213,966
9,500	4,676	94,496	25,703	18,868	15,719	13,892	12,632	11,046	8,403	6,378	4,805	211,943
10,000	4,468	90,298	24,561	18,030	15,021	13,275	12,143	11,296	10,038	7,729	5,921	208,312
12,871	4,270	86,287	23,470	17,229	14,354	12,685	11,603	10,858	10,265	9,233	7,175	203,160
10,500	4,080	82,454	22,428	16,464	13,716	12,121	11,088	10,376	9,868	9,442	8,572	196,528
11,000	3,899	78,791	21,431	15,733	13,107	11,583	10,595	9,915	9,429	9,076	8,766	188,426
11,500	3,726	75,290	20,479	15,034	12,525	11,068	10,125	9,475	9,010	8,673	8,426	180,105
12,000	3,560	71,946	19,570	14,366	11,968	10,577	9,675	9,054	8,610	8,288	8,052	172,104
12,500	3,402	68,750	18,700	13,728	11,437	10,107	9,245	8,652	8,228	7,919	7,694	164,459
13,000	3,251	65,696	17,869	13,118	10,929	9,658	8,834	8,267	7,862	7,568	7,352	157,153
13,500	3,106	62,777	17,076	12,535	10,443	9,229	8,442	7,900	7,513	7,231	7,026	150,172
14,000	2,968	59,988	16,317	11,978	9,979	8,819	8,067	7,549	7,179	6,910	6,714	143,501
14,500	2,837	57,323	15,592	11,446	9,536	8,427	7,709	7,214	6,860	6,603	6,415	137,126
15,000	2,710	54,777	14,900	10,938	9,112	8,053	7,366	6,893	6,555	6,310	6,130	131,034
15,500	2,590	52,344	14,238	10,452	8,707	7,695	7,039	6,587	6,264	6,030	5,858	125,213
16,000	2,475	50,018	13,605	9,987	8,321	7,353	6,726	6,294	5,986	5,762	5,598	119,651
16,500	2,365	47,796	13,001	9,544	7,951	7,026	6,427	6,015	5,720	5,506	5,349	114,335
17,000	2,260	45,673	12,423	9,120	7,598	6,714	6,142	5,748	5,466	5,261	5,112	109,256
17,500	2,160	43,644	11,871	8,715	7,260	6,416	5,869	5,492	5,223	5,027	4,885	104,403
18,000	2,064	41,705	11,344	8,327	6,938	6,131	5,608	5,248	4,991	4,804	4,668	99,765
25,461	1,972	39,852	10,840	7,958	6,630	5,859	5,359	5,015	4,769	4,591	4,460	95,333
18,500	1,884	38,082	10,359	7,604	6,335	5,598	5,121	4,792	4,557	4,387	4,262	91,098
19,000	1,801	36,390	9,898	7,266	6,054	5,350	4,894	4,579	4,355	4,192	4,073	87,051
19,500	1,750	35,369	9,459	6,943	5,785	5,112	4,676	4,376	4,162	4,006	3,892	83,779
20,000	1,730	34,971	9,193	6,635	5,528	4,885	4,468	4,182	3,977	3,828	3,719	81,385
20,500	1,679	33,928	9,090	6,449	5,282	4,668	4,270	3,996	3,800	3,658	3,554	78,693
21,000	1,629	32,915	8,818	6,376	5,134	4,461	4,080	3,818	3,631	3,495	3,396	76,125
21,500	1,580	31,933	8,555	6,186	5,076	4,335	3,899	3,649	3,470	3,340	3,245	73,688
22,000	1,533	30,980	8,300	6,001	4,925	4,287	3,790	3,487	3,316	3,192	3,101	71,377
22,500	1,487	30,056	8,052	5,822	4,778	4,159	3,747	3,389	3,168	3,050	2,963	69,184
23,000	1,443	29,159	7,812	5,649	4,635	4,035	3,635	3,351	3,080	2,914	2,831	67,100
23,500	1,400	28,289	7,579	5,480	4,497	3,914	3,527	3,251	3,045	2,832	2,706	65,119
24,000	1,358	27,445	7,353	5,316	4,363	3,797	3,421	3,154	2,954	2,801	2,630	63,233
24,500	1,318	26,626	7,133	5,158	4,232	3,684	3,319	3,060	2,866	2,717	2,600	61,395
25,000	1,278	25,831	6,921	5,004	4,106	3,574	3,220	2,968	2,780	2,636	2,523	59,563
25,500	1,240	25,060	6,714	4,855	3,984	3,467	3,124	2,880	2,697	2,557	2,447	57,786
26,000	1,203	24,313	6,514	4,710	3,865	3,364	3,031	2,794	2,617	2,481	2,374	56,062
26,500	1,167	23,587	6,319	4,569	3,749	3,264	2,941	2,710	2,539	2,407	2,303	54,389
27,000	1,132	22,883	6,131	4,433	3,638	3,166	2,853	2,629	2,463	2,335	2,235	52,766
27,500	1,099	22,201	5,948	4,301	3,529	3,072	2,768	2,551	2,390	2,265	2,168	51,192
28,000	1,066	21,538	5,770	4,172	3,424	2,980	2,685	2,475	2,318	2,198	2,103	49,664
28,500	1,034	20,895	5,598	4,048	3,322	2,891	2,605	2,401	2,249	2,132	2,041	48,182
29,000	1,003	20,272	5,431	3,927	3,222	2,805	2,527	2,329	2,182	2,069	1,980	46,744
29,500	0,973	19,667	5,269	3,810	3,126	2,721	2,452	2,260	2,117	2,007	1,921	45,349
30,000	0,944	19,080	5,112	3,696	3,033	2,640	2,379	2,192	2,054	1,947	1,863	43,996
30,500	0,916	18,511	4,959	3,586	2,942	2,561	2,308	2,127	1,992	1,889	1,808	42,683
31,000	0,889	17,958	4,811	3,479	2,855	2,485	2,239	2,064	1,933	1,833	1,754	41,410
31,500	0,862	17,423	4,668	3,375	2,770	2,411	2,172	2,002	1,875	1,778	1,701	40,174
32,000	0,836	16,903	4,528	3,274	2,687	2,339	2,107	1,942	1,819	1,725	1,651	38,975
32,500	0,811	16,398	4,393	3,177	2,607	2,269	2,044	1,884	1,765	1,673	1,601	37,812
33,000	0,787	15,909	4,262	3,082	2,529	2,201	1,983	1,828	1,712	1,623	1,554	36,684
33,500	0,764	15,434	4,135	2,990	2,453	2,136	1,924	1,774	1,661	1,575	1,507	35,589
34,000	0,741	14,974	4,012	2,901	2,380	2,072	1,867	1,721	1,612	1,528	1,462	34,527
34,500	0,719	14,527	3,892	2,814	2,309	2,010	1,811	1,669	1,564	1,482	1,419	33,497
35,000	0,697	14,093	3,776	2,730	2,240	1,950	1,757	1,619	1,517	1,438	1,376	32,498
35,500	0,677	13,673	3,663	2,649	2,173	1,892	1,705	1,571	1,472	1,395	1,335	31,528
36,000	0,656	13,265	3,554	2,570	2,109	1,835	1,654	1,524	1,428	1,354	1,295	30,587

(Sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 4.43 Debit Banjir Setelah Reboisasi Periode Ulang Hujan 25 tahun.

Waktu (Jam)	Q(t,1)	Curah Hujan Netto (mm/jam)										Debit (Q) (m ³ /det)
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	R _{4,5}	R ₅	
		24,40	6,34	4,45	3,54	2,99	2,61	2,34	2,12	1,95	1,81	
0,000	0,000	0,000										0,000
0,500	0,010	0,247										0,247
1,000	0,053	1,304	0,064	0,000								1,368
1,500	0,141	3,451	0,339	0,045	0,000							3,835
2,000	0,282	6,884	0,897	0,238	0,036	0,000						8,055
2,500	0,482	11,760	1,789	0,629	0,189	0,030	0,000					14,398
3,000	0,747	18,216	3,057	1,255	0,501	0,160	0,026	0,000				23,215
3,500	1,081	26,371	4,735	2,144	0,999	0,423	0,140	0,024	0,000			34,835
4,000	1,489	36,333	6,854	3,321	1,707	0,844	0,370	0,125	0,022	0,000		49,576
4,477	1,976	48,203	9,444	4,808	2,644	1,442	0,738	0,331	0,114	0,020	0,000	67,742
4,500	2,544	62,071	12,529	6,625	3,828	2,233	1,260	0,660	0,300	0,104	0,018	89,628
5,000	3,198	78,024	16,134	8,789	5,274	3,232	1,952	1,127	0,599	0,276	0,097	115,504
5,500	3,941	96,144	20,280	11,317	6,997	4,454	2,825	1,745	1,024	0,551	0,257	145,595
6,000	4,775	116,507	24,990	14,226	9,010	5,908	3,893	2,527	1,586	0,942	0,512	180,100
6,500	5,705	139,186	30,283	17,530	11,325	7,608	5,165	3,481	2,296	1,459	0,874	219,207
7,000	5,834	142,331	36,177	21,243	13,955	9,564	6,651	4,618	3,163	2,112	1,354	241,169
7,500	5,608	136,820	36,995	25,378	16,911	11,785	8,360	5,947	4,197	2,910	1,961	251,262
8,000	5,359	130,742	35,562	25,951	20,203	14,281	10,301	7,476	5,404	3,860	2,701	256,482
8,500	5,121	124,934	33,982	24,946	20,660	17,061	12,483	9,212	6,793	4,971	3,584	258,625
9,000	4,893	119,384	32,473	23,838	19,860	17,446	14,913	11,163	8,371	6,248	4,615	258,310
9,500	4,676	114,080	31,030	22,779	18,977	16,771	15,250	13,335	10,144	7,700	5,801	255,868
10,000	4,468	109,012	29,652	21,767	18,134	16,026	14,659	13,637	12,119	9,330	7,148	251,485
12,871	4,270	104,170	28,335	20,800	17,329	15,314	14,008	13,109	12,393	11,147	8,662	245,265
10,500	4,080	99,542	27,076	19,876	16,559	14,633	13,386	12,526	11,913	11,398	10,349	237,258
11,000	3,899	95,120	25,873	18,993	15,823	13,983	12,791	11,970	11,384	10,957	10,582	227,477
11,500	3,726	90,894	24,724	18,149	15,120	13,362	12,223	11,438	10,878	10,470	10,173	217,432
12,000	3,560	86,856	23,625	17,343	14,449	12,769	11,680	10,930	10,395	10,005	9,721	207,773
12,500	3,402	82,998	22,576	16,573	13,807	12,201	11,161	10,445	9,933	9,561	9,289	198,543
13,000	3,251	79,311	21,573	15,836	13,193	11,659	10,665	9,981	9,492	9,136	8,876	189,723
13,500	3,106	75,788	20,615	15,133	12,607	11,141	10,192	9,537	9,070	8,730	8,482	181,295
14,000	2,968	72,421	19,699	14,461	12,047	10,646	9,739	9,113	8,667	8,342	8,105	173,241
14,500	2,837	69,204	18,824	13,818	11,512	10,173	9,306	8,709	8,282	7,972	7,745	165,545
15,000	2,710	66,129	17,987	13,204	11,001	9,722	8,893	8,322	7,914	7,618	7,401	158,191
15,500	2,590	63,192	17,188	12,618	10,512	9,290	8,498	7,952	7,562	7,279	7,072	151,163
16,000	2,475	60,384	16,425	12,057	10,045	8,877	8,120	7,599	7,227	6,956	6,758	144,448
16,500	2,365	57,702	15,695	11,522	9,599	8,483	7,760	7,261	6,906	6,647	6,458	138,031
17,000	2,260	55,139	14,998	11,010	9,172	8,106	7,415	6,939	6,599	6,352	6,171	131,899
17,500	2,160	52,689	14,332	10,521	8,765	7,746	7,085	6,630	6,306	6,069	5,897	126,040
18,000	2,064	50,349	13,695	10,053	8,376	7,402	6,771	6,336	6,025	5,800	5,635	120,441
25,461	1,972	48,112	13,087	9,607	8,003	7,073	6,470	6,054	5,758	5,542	5,385	115,090
18,500	1,884	45,975	12,505	9,180	7,648	6,759	6,182	5,785	5,502	5,296	5,145	109,978
19,000	1,801	43,932	11,950	8,772	7,308	6,458	5,908	5,528	5,258	5,061	4,917	105,092
19,500	1,750	42,699	11,419	8,382	6,984	6,171	5,645	5,283	5,024	4,836	4,698	101,142
20,000	1,730	42,219	11,098	8,010	6,673	5,897	5,395	5,048	4,801	4,621	4,490	98,252
20,500	1,679	40,959	10,974	7,785	6,377	5,635	5,155	4,824	4,588	4,416	4,290	95,002
21,000	1,629	39,737	10,646	7,698	6,198	5,385	4,926	4,610	4,384	4,220	4,100	91,902
21,500	1,580	38,551	10,328	7,468	6,128	5,234	4,707	4,405	4,189	4,032	3,917	88,960
22,000	1,533	37,401	10,020	7,245	5,945	5,175	4,575	4,209	4,003	3,853	3,743	86,170
22,500	1,487	36,285	9,721	7,029	5,768	5,021	4,524	4,091	3,825	3,682	3,577	83,522
23,000	1,443	35,202	9,431	6,819	5,596	4,871	4,389	4,045	3,718	3,518	3,418	81,007
23,500	1,400	34,152	9,150	6,616	5,429	4,725	4,258	3,924	3,676	3,420	3,266	78,615
24,000	1,358	33,133	8,877	6,418	5,267	4,584	4,131	3,807	3,566	3,381	3,175	76,339
24,500	1,318	32,144	8,612	6,227	5,110	4,448	4,007	3,694	3,460	3,280	3,139	74,120
25,000	1,278	31,185	8,355	6,041	4,957	4,315	3,888	3,583	3,357	3,182	3,045	71,908
25,500	1,240	30,254	8,106	5,861	4,809	4,186	3,772	3,476	3,256	3,087	2,954	69,762
26,000	1,203	29,351	7,864	5,686	4,666	4,061	3,659	3,373	3,159	2,995	2,866	67,681
26,500	1,167	28,476	7,629	5,516	4,527	3,940	3,550	3,272	3,065	2,906	2,781	65,661
27,000	1,132	27,626	7,401	5,352	4,391	3,822	3,444	3,174	2,974	2,819	2,698	63,702
27,500	1,099	26,802	7,181	5,192	4,260	3,708	3,341	3,080	2,885	2,735	2,617	61,801
28,000	1,066	26,002	6,966	5,037	4,133	3,598	3,242	2,988	2,799	2,653	2,539	59,957
28,500	1,034	25,226	6,758	4,887	4,010	3,490	3,145	2,899	2,715	2,574	2,463	58,168
29,000	1,003	24,473	6,557	4,741	3,890	3,386	3,051	2,812	2,634	2,497	2,390	56,432
29,500	0,973	23,743	6,361	4,599	3,774	3,285	2,960	2,728	2,556	2,423	2,319	54,748
30,000	0,944	23,034	6,171	4,462	3,662	3,187	2,872	2,647	2,479	2,351	2,249	53,114
30,500	0,916	22,347	5,987	4,329	3,552	3,092	2,786	2,568	2,405	2,280	2,182	51,530
31,000	0,889	21,680	5,808	4,200	3,446	3,000	2,703	2,491	2,334	2,212	2,117	49,992
31,500	0,862	21,033	5,635	4,075	3,343	2,910	2,622	2,417	2,264	2,146	2,054	48,500
32,000	0,836	20,406	5,467	3,953	3,244	2,823	2,544	2,345	2,196	2,082	1,993	47,053
32,500	0,811	19,797	5,304	3,835	3,147	2,739	2,468	2,275	2,131	2,020	1,933	45,649
33,000	0,787	19,206	5,146	3,721	3,053	2,657	2,394	2,207	2,067	1,960	1,876	44,287
33,500	0,764	18,633	4,992	3,610	2,962	2,578	2,323	2,141	2,006	1,901	1,820	42,965
34,000	0,741	18,077	4,843	3,502	2,874	2,501	2,254	2,077	1,946	1,845	1,765	41,683
34,500	0,719	17,538	4,699	3,397	2,788	2,427	2,186	2,015	1,888	1,790	1,713	40,439
35,000	0,697	17,014	4,558	3,296	2,705	2,354	2,121	1,955	1,831	1,736	1,662	39,233
35,500	0,677	16,507	4,422	3,198	2,624	2,284	2,058	1,897	1,777	1,684	1,612	38,062
36,000	0,656	16,014	4,290	3,102	2,546	2,216	1,996	1,840	1,724	1,634	1,564	36,926

(Sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 4.44 Debit Banjir Setelah Reboisasi Periode Ulang Hujan 50 tahun.

Waktu (Jam)	Q(t,1)	Curah Hujan Netto (mm/jam)										Debit (Q) (m ³ /det)
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	R _{4,5}	R ₅	
		27,51	7,15	5,02	3,99	3,37	2,95	2,64	2,39	2,20	2,05	
0,000	0,000	0,000										0,000
0,500	0,010	0,279	0,000									0,279
1,000	0,053	1,470	0,072	0,000								1,543
1,500	0,141	3,891	0,382	0,051	0,000							4,324
2,000	0,282	7,761	1,011	0,268	0,040	0,000						9,081
2,500	0,482	13,259	2,017	0,709	0,213	0,034	0,000					16,233
3,000	0,747	20,537	3,446	1,415	0,565	0,180	0,030	0,000				26,173
3,500	1,081	29,731	5,338	2,417	1,127	0,477	0,158	0,027	0,000			39,274
4,000	1,489	40,963	7,728	3,744	1,925	0,951	0,417	0,141	0,024	0,000		55,893
4,477	1,976	54,345	10,647	5,421	2,981	1,625	0,832	0,373	0,128	0,022	0,000	76,373
4,500	2,544	69,980	14,125	7,469	4,315	2,517	1,421	0,744	0,339	0,118	0,021	101,048
5,000	3,198	87,966	18,189	9,909	5,946	3,644	2,200	1,270	0,676	0,312	0,109	130,222
5,500	3,941	108,395	22,864	12,759	7,888	5,021	3,186	1,968	1,154	0,622	0,289	164,146
6,000	4,775	131,352	28,174	16,039	10,158	6,661	4,389	2,849	1,788	1,062	0,577	203,049
6,500	5,705	156,921	34,141	19,763	12,768	8,578	5,823	3,925	2,589	1,645	0,986	247,139
7,000	5,834	160,467	40,787	23,949	15,734	10,782	7,498	5,207	3,567	2,381	1,527	271,898
7,500	5,608	154,253	41,709	28,611	19,066	13,286	9,425	6,705	4,732	3,280	2,211	283,278
8,000	5,359	147,401	40,094	29,258	22,777	16,101	11,614	8,428	6,093	4,352	3,046	289,163
8,500	5,121	140,853	38,313	28,125	23,292	19,235	14,074	10,385	7,659	5,604	4,041	291,580
9,000	4,893	134,595	36,611	26,875	22,390	19,669	16,813	12,585	9,438	7,045	5,203	291,224
9,500	4,676	128,616	34,984	25,681	21,395	18,908	17,193	15,035	11,437	8,681	6,540	288,471
10,000	4,468	122,903	33,430	24,541	20,445	18,068	16,527	15,374	13,663	10,519	8,059	283,529
12,871	4,270	117,443	31,945	23,450	19,537	17,265	15,793	14,779	13,972	12,567	9,766	276,517
10,500	4,080	112,226	30,526	22,409	18,669	16,498	15,092	14,123	13,431	12,851	11,667	267,490
11,000	3,899	107,240	29,170	21,413	17,840	15,765	14,421	13,495	12,834	12,353	11,931	256,462
11,500	3,726	102,476	27,874	20,462	17,047	15,065	13,781	12,896	12,264	11,804	11,469	245,137
12,000	3,560	97,924	26,636	19,553	16,290	14,396	13,168	12,323	11,719	11,280	10,959	234,247
12,500	3,402	93,574	25,452	18,684	15,566	13,756	12,583	11,775	11,198	10,779	10,473	223,841
13,000	3,251	89,417	24,322	17,854	14,875	13,145	12,024	11,252	10,701	10,300	10,007	213,897
13,500	3,106	85,445	23,241	17,061	14,214	12,561	11,490	10,752	10,226	9,843	9,563	204,395
14,000	2,968	81,649	22,209	16,303	13,582	12,003	10,980	10,275	9,771	9,405	9,138	195,315
14,500	2,837	78,022	21,222	15,579	12,979	11,470	10,492	9,818	9,337	8,987	8,732	186,639
15,000	2,710	74,556	20,279	14,887	12,402	10,960	10,026	9,382	8,922	8,588	8,344	178,347
15,500	2,590	71,244	19,379	14,226	11,851	10,473	9,581	8,965	8,526	8,207	7,973	170,425
16,000	2,475	68,079	18,518	13,594	11,325	10,008	9,155	8,567	8,147	7,842	7,619	162,854
16,500	2,365	65,054	17,695	12,990	10,822	9,563	8,748	8,186	7,785	7,494	7,281	155,619
17,000	2,260	62,164	16,909	12,413	10,341	9,139	8,360	7,823	7,440	7,161	6,957	148,706
17,500	2,160	59,403	16,158	11,861	9,882	8,733	7,988	7,475	7,109	6,843	6,648	142,100
18,000	2,064	56,764	15,440	11,334	9,443	8,345	7,633	7,143	6,793	6,539	6,353	135,787
25,461	1,972	54,242	14,754	10,831	9,023	7,974	7,294	6,826	6,491	6,248	6,071	129,755
18,500	1,884	51,833	14,099	10,350	8,622	7,620	6,970	6,523	6,203	5,971	5,801	123,991
19,000	1,801	49,530	13,472	9,890	8,239	7,281	6,661	6,233	5,928	5,705	5,543	118,483
19,500	1,750	48,140	12,874	9,451	7,873	6,958	6,365	5,956	5,664	5,452	5,297	114,030
20,000	1,730	47,598	12,513	9,031	7,524	6,649	6,082	5,691	5,413	5,210	5,062	110,771
20,500	1,679	46,178	12,372	8,777	7,189	6,353	5,812	5,439	5,172	4,978	4,837	107,108
21,000	1,629	44,800	12,003	8,679	6,988	6,071	5,554	5,197	4,942	4,757	4,622	103,612
21,500	1,580	43,463	11,644	8,420	6,909	5,901	5,307	4,966	4,723	4,546	4,417	100,295
22,000	1,533	42,166	11,297	8,168	6,703	5,834	5,158	4,746	4,513	4,344	4,220	97,150
22,500	1,487	40,908	10,960	7,925	6,503	5,660	5,100	4,612	4,313	4,151	4,033	94,164
23,000	1,443	39,687	10,633	7,688	6,309	5,491	4,948	4,560	4,191	3,967	3,854	91,329
23,500	1,400	38,503	10,316	7,459	6,121	5,328	4,800	4,424	4,144	3,855	3,683	88,632
24,000	1,358	37,354	10,008	7,236	5,938	5,169	4,657	4,292	4,021	3,812	3,579	86,066
24,500	1,318	36,240	9,709	7,020	5,761	5,014	4,518	4,164	3,901	3,698	3,539	83,564
25,000	1,278	35,158	9,419	6,811	5,589	4,865	4,383	4,040	3,784	3,588	3,433	81,070
25,500	1,240	34,109	9,138	6,608	5,422	4,720	4,252	3,919	3,671	3,481	3,331	78,651
26,000	1,203	33,091	8,866	6,410	5,260	4,579	4,125	3,802	3,562	3,377	3,232	76,304
26,500	1,167	32,104	8,601	6,219	5,103	4,442	4,002	3,689	3,456	3,276	3,135	74,028
27,000	1,132	31,146	8,344	6,034	4,951	4,310	3,883	3,579	3,352	3,178	3,042	71,819
27,500	1,099	30,217	8,095	5,853	4,803	4,181	3,767	3,472	3,252	3,083	2,951	69,676
28,000	1,066	29,315	7,854	5,679	4,660	4,056	3,655	3,369	3,155	2,991	2,863	67,596
28,500	1,034	28,440	7,620	5,509	4,521	3,935	3,546	3,268	3,061	2,902	2,777	65,579
29,000	1,003	27,592	7,392	5,345	4,386	3,818	3,440	3,171	2,970	2,816	2,694	63,623
29,500	0,973	26,768	7,172	5,185	4,255	3,704	3,337	3,076	2,881	2,732	2,614	61,724
30,000	0,944	25,969	6,958	5,031	4,128	3,593	3,238	2,984	2,795	2,650	2,536	59,882
30,500	0,916	25,195	6,750	4,881	4,005	3,486	3,141	2,895	2,712	2,571	2,460	58,095
31,000	0,889	24,443	6,549	4,735	3,885	3,382	3,047	2,809	2,631	2,494	2,387	56,362
31,500	0,862	23,713	6,353	4,594	3,770	3,281	2,956	2,725	2,552	2,420	2,316	54,680
32,000	0,836	23,006	6,164	4,457	3,657	3,183	2,868	2,644	2,476	2,348	2,247	53,048
32,500	0,811	22,319	5,980	4,324	3,548	3,088	2,782	2,565	2,402	2,278	2,180	51,466
33,000	0,787	21,653	5,801	4,195	3,442	2,996	2,699	2,488	2,331	2,210	2,115	49,930
33,500	0,764	21,007	5,628	4,069	3,339	2,907	2,619	2,414	2,261	2,144	2,051	48,440
34,000	0,741	20,380	5,460	3,948	3,240	2,820	2,541	2,342	2,194	2,080	1,990	46,995
34,500	0,719	19,772	5,297	3,830	3,143	2,736	2,465	2,272	2,128	2,018	1,931	45,592
35,000	0,697	19,182	5,139	3,716	3,049	2,654	2,391	2,204	2,065	1,957	1,873	44,232
35,500	0,677	18,610	4,986	3,605	2,958	2,575	2,320	2,138	2,003	1,899	1,817	42,912
36,000	0,656	18,055	4,837	3,497	2,870	2,498	2,251	2,075	1,943	1,842	1,763	41,631

(Sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 4.45 Debit Banjir Setelah Reboisasi Periode Ulang Hujan 100 tahun.

Waktu (Jam)	Q(t,1)	Curah Hujan Netto (mm/jam)										Debit (Q) (m ³ /det)
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	R _{4,5}	R ₅	
		30,59	7,95	5,58	4,44	3,75	3,28	2,93	2,66	2,45	2,27	
0,000	0,000	0,000										0,000
0,500	0,010	0,310	0,000									0,310
1,000	0,053	1,636	0,081	0,000								1,716
1,500	0,141	4,328	0,425	0,056	0,000							4,810
2,000	0,282	8,632	1,125	0,298	0,045	0,000						10,101
2,500	0,482	14,748	2,244	0,789	0,237	0,038	0,000					18,056
3,000	0,747	22,843	3,833	1,574	0,628	0,200	0,033	0,000				29,112
3,500	1,081	33,069	5,937	2,689	1,253	0,530	0,175	0,030	0,000			43,684
4,000	1,489	45,562	8,595	4,165	2,141	1,058	0,464	0,157	0,027	0,000		62,169
4,477	1,976	60,447	11,843	6,029	3,316	1,808	0,925	0,415	0,142	0,025	0,000	84,949
4,500	2,544	77,838	15,711	8,307	4,800	2,800	1,580	0,827	0,377	0,131	0,023	112,395
5,000	3,198	97,844	20,232	11,021	6,613	4,053	2,448	1,413	0,752	0,347	0,122	144,844
5,500	3,941	120,566	25,432	14,192	8,774	5,585	3,543	2,189	1,284	0,691	0,322	182,578
6,000	4,775	146,102	31,338	17,840	11,298	7,409	4,882	3,168	1,989	1,181	0,642	225,849
6,500	5,705	174,541	37,975	21,983	14,202	9,541	6,477	4,365	2,879	1,829	1,096	274,889
7,000	5,834	178,485	45,367	26,638	17,500	11,993	8,340	5,791	3,967	2,648	1,698	302,429
7,500	5,608	171,574	46,392	31,824	21,207	14,778	10,483	7,458	5,263	3,649	2,459	315,087
8,000	5,359	163,952	44,596	32,543	25,335	17,908	12,918	9,374	6,777	4,841	3,388	321,632
8,500	5,121	156,669	42,615	31,283	25,907	21,394	15,654	11,552	8,519	6,234	4,494	324,320
9,000	4,893	149,709	40,721	29,893	24,904	21,878	18,701	13,998	10,498	7,836	5,787	323,925
9,500	4,676	143,058	38,912	28,565	23,798	21,031	19,124	16,723	12,721	9,655	7,275	320,862
10,000	4,468	136,703	37,184	27,296	22,741	20,096	18,383	17,101	15,197	11,700	8,964	315,366
12,871	4,270	130,630	35,532	26,084	21,730	19,204	17,567	16,439	15,540	13,978	10,863	307,566
10,500	4,080	124,827	33,954	24,925	20,765	18,351	16,786	15,708	14,939	14,294	12,977	297,526
11,000	3,899	119,282	32,445	23,818	19,843	17,535	16,041	15,011	14,275	13,740	13,271	285,260
11,500	3,726	113,983	31,004	22,760	18,961	16,756	15,328	14,344	13,641	13,130	12,757	272,663
12,000	3,560	108,919	29,627	21,748	18,119	16,012	14,647	13,706	13,035	12,547	12,190	260,550
12,500	3,402	104,081	28,310	20,782	17,314	15,301	13,996	13,098	12,456	11,989	11,648	248,976
13,000	3,251	99,457	27,053	19,859	16,545	14,621	13,375	12,516	11,903	11,457	11,131	237,915
13,500	3,106	95,039	25,851	18,977	15,810	13,971	12,780	11,960	11,374	10,948	10,637	227,346
14,000	2,968	90,817	24,703	18,134	15,107	13,351	12,213	11,428	10,869	10,461	10,164	217,247
14,500	2,837	86,783	23,605	17,328	14,436	12,758	11,670	10,921	10,386	9,997	9,712	207,596
15,000	2,710	82,927	22,557	16,559	13,795	12,191	11,152	10,436	9,924	9,553	9,281	198,374
15,500	2,590	79,243	21,555	15,823	13,182	11,649	10,656	9,972	9,483	9,128	8,869	189,561
16,000	2,475	75,723	20,597	15,120	12,597	11,132	10,183	9,529	9,062	8,723	8,475	181,140
16,500	2,365	72,359	19,682	14,448	12,037	10,637	9,731	9,106	8,660	8,335	8,098	173,093
17,000	2,260	69,145	18,808	13,806	11,502	10,165	9,298	8,701	8,275	7,965	7,738	165,404
17,500	2,160	66,073	17,972	13,193	10,991	9,713	8,885	8,315	7,907	7,611	7,395	158,056
18,000	2,064	63,138	17,174	12,607	10,503	9,282	8,491	7,945	7,556	7,273	7,066	151,035
25,461	1,972	60,333	16,411	12,047	10,036	8,869	8,113	7,592	7,220	6,950	6,752	144,325
18,500	1,884	57,653	15,682	11,512	9,591	8,475	7,753	7,255	6,900	6,641	6,452	137,914
19,000	1,801	55,092	14,985	11,000	9,165	8,099	7,408	6,933	6,593	6,346	6,166	131,787
19,500	1,750	53,546	14,319	10,512	8,757	7,739	7,079	6,625	6,300	6,064	5,892	126,834
20,000	1,730	52,943	13,918	10,045	8,368	7,395	6,765	6,331	6,020	5,795	5,630	123,210
20,500	1,679	51,363	13,761	9,763	7,997	7,067	6,464	6,049	5,753	5,537	5,380	119,134
21,000	1,629	49,831	13,350	9,653	7,772	6,753	6,177	5,781	5,497	5,291	5,141	115,246
21,500	1,580	48,344	12,952	9,365	7,685	6,563	5,903	5,524	5,253	5,056	4,913	111,557
22,000	1,533	46,901	12,566	9,086	7,455	6,489	5,737	5,278	5,020	4,832	4,694	108,058
22,500	1,487	45,502	12,191	8,814	7,233	6,296	5,673	5,130	4,797	4,617	4,486	104,738
23,000	1,443	44,144	11,827	8,551	7,017	6,108	5,503	5,073	4,662	4,412	4,287	101,584
23,500	1,400	42,827	11,474	8,296	6,808	5,926	5,339	4,921	4,610	4,288	4,096	98,584
24,000	1,358	41,549	11,132	8,049	6,605	5,749	5,180	4,774	4,472	4,240	3,981	95,730
24,500	1,318	40,309	10,799	7,809	6,408	5,577	5,025	4,632	4,339	4,113	3,936	92,947
25,000	1,278	39,106	10,477	7,576	6,216	5,411	4,875	4,494	4,209	3,991	3,819	90,174
25,500	1,240	37,939	10,165	7,349	6,031	5,249	4,730	4,360	4,084	3,872	3,705	87,483
26,000	1,203	36,807	9,861	7,130	5,851	5,093	4,589	4,229	3,962	3,756	3,594	84,872
26,500	1,167	35,709	9,567	6,917	5,676	4,941	4,452	4,103	3,844	3,644	3,487	82,340
27,000	1,132	34,643	9,281	6,711	5,507	4,793	4,319	3,981	3,729	3,535	3,383	79,883
27,500	1,099	33,610	9,005	6,511	5,343	4,650	4,190	3,862	3,618	3,430	3,282	77,499
28,000	1,066	32,607	8,736	6,316	5,183	4,512	4,065	3,747	3,510	3,327	3,184	75,187
28,500	1,034	31,634	8,475	6,128	5,029	4,377	3,944	3,635	3,405	3,228	3,089	72,943
29,000	1,003	30,690	8,222	5,945	4,878	4,246	3,826	3,527	3,303	3,132	2,997	70,767
29,500	0,973	29,774	7,977	5,768	4,733	4,120	3,712	3,421	3,205	3,038	2,908	68,655
30,000	0,944	28,886	7,739	5,596	4,592	3,997	3,601	3,319	3,109	2,948	2,821	66,606
30,500	0,916	28,024	7,508	5,429	4,455	3,877	3,494	3,220	3,016	2,860	2,737	64,619
31,000	0,889	27,187	7,284	5,267	4,322	3,762	3,389	3,124	2,926	2,774	2,655	62,691
31,500	0,862	26,376	7,067	5,110	4,193	3,650	3,288	3,031	2,839	2,692	2,576	60,820
32,000	0,836	25,589	6,856	4,957	4,068	3,541	3,190	2,940	2,754	2,611	2,499	59,005
32,500	0,811	24,826	6,651	4,809	3,946	3,435	3,095	2,853	2,672	2,533	2,424	57,244
33,000	0,787	24,085	6,453	4,666	3,829	3,332	3,003	2,768	2,592	2,458	2,352	55,536
33,500	0,764	23,366	6,260	4,526	3,714	3,233	2,913	2,685	2,515	2,384	2,282	53,879
34,000	0,741	22,669	6,073	4,391	3,603	3,137	2,826	2,605	2,440	2,313	2,214	52,271
34,500	0,719	21,992	5,892	4,260	3,496	3,043	2,742	2,527	2,367	2,244	2,148	50,712
35,000	0,697	21,336	5,716	4,133	3,392	2,952	2,660	2,452	2,297	2,177	2,084	49,198
35,500	0,677	20,700	5,546	4,010	3,290	2,864	2,581	2,379	2,228	2,112	2,021	47,730
36,000	0,656	20,082	5,380	3,890	3,192	2,779	2,504	2,308	2,162	2,049	1,961	46,306

(Sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 4.46 Rekapitulasi debit banjir setelah reboisasi.

No.	Periode Ulang (Tahun)	Debit Banjir (m ³ /dt)
1	2	126,204
2	5	178,352
3	10	214,227
4	25	258,625
5	50	291,580
6	100	324,320

(Sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 4.47 Rekapitulasi debit banjir sebelum dan setelah reboisasi.

No.	Periode Ulang (Tahun)	Debit Banjir sebelum reboisasi (m ³ /dt)	Debit Banjir sesudah reboisasi (m ³ /dt)
1.	2	164,328	126,204
2.	5	232,226	178,352
3.	10	278,942	214,227
4.	25	336,752	258,625
5.	50	379,661	291,580
6.	100	422,292	324,320

(Sumber : Hasil perhitungan)

Dengan adanya upaya konservasi vegetatif (reboisasi) di wilayah studi, prosentase pengurangan debit banjir sebesar 23,3%.

4.8.2. Upaya pengurangan debit banjir dengan pembuatan embung/situ (Alternatif 1).

Berdasarkan kondisi dilapangan saat ini, wilayah Kabupaten Serang dan Tangerang mengalami banjir apabila debit di bendung rancasumur mulai 150 m³/dt. Dari hasil pengurangan debit banjir dengan metode vegetatif diatas, maka perlu adanya analisa kebutuhan tampungan untuk mengurangi debit banjir tersebut. Dalam hal ini, periode ulang yang dipakai adalah periode ulang 5 tahun yaitu 178,352 m³/dt. Untuk memperhitungkan kebutuhan tampungan digunakan metode penelusuran banjir (*Flood Routing*) melalui

waduk dengan bangunan pelimpah. Tampungan yang diperlukan akan diterapkan dengan pembuatan embung/situ yang letaknya tersebar di DAS wilayah studi (hulu bendung rancasumur). Upaya pengurangan debit banjir ini disebut dengan konservasi metode Mekanis. Disamping sebagai pengendali banjir embung/situ juga berfungsi sebagai tempat resapan yang akan mempertinggi kadungan air tanah (subagyono et.al, 2004). Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan tampungan dengan penelusuran banjir (*flood routing*) dengan debit periode ulang 5 tahun (Q5). Dicoba dengan luas tampungan adalah $1,172,000 \text{ m}^2 \approx 117,20 \text{ Ha}$, lebar pelimpah 40 m . Penentuan kedalaman tampungan berdasarkan tinggi maksimal muka air di atas ambang pelimpah.

Tabel 4.48 Hubungan antara debit keluar (Q5) dengan tampungan.

Elevasi	H	S	$S/\Delta t$	Q2	S2	S1
m	m	m^3	m^3/dt	m^3/dt	m^3/dt	m^3/dt
1,00	0,00	0	0	0	0,000	0,000
1,20	0,20	234400	130	6,118	133,281	127,163
1,40	0,40	468800	260	17,304	269,096	251,792
1,60	0,60	703200	391	31,789	406,561	374,772
1,80	0,80	937600	521	48,943	545,360	496,417
2,00	1,00	1172000	651	68,400	685,311	616,911
2,20	1,20	1406400	781	89,914	826,290	736,376
2,40	1,40	1640800	912	113,305	968,208	854,903
2,60	1,60	1875200	1042	138,432	1110,994	972,562
2,80	1,80	2109600	1172	165,183	1254,591	1089,409

(Sumber : hasil perhitungan)

Keterangan :

S : Volume tampungan (H x luas)

H : Kedalaman air diatas ambang pelimpah.

Q2: Debit sesudah ada tampungan, $Q2 = 1.71 \times B \times H^{(3/2)} (\text{m}^3/\text{dt})$.

Q1: Debit sebelum ada tampungan (m^3/dt).

Δt : Interval waktu (diambil 30 menit).

S1: $S/\Delta t - Q$

S2: $Q + S1$

Tabel 4.49 Perhitungan debit keluar (*outflow*) Q5 dari tampungan.

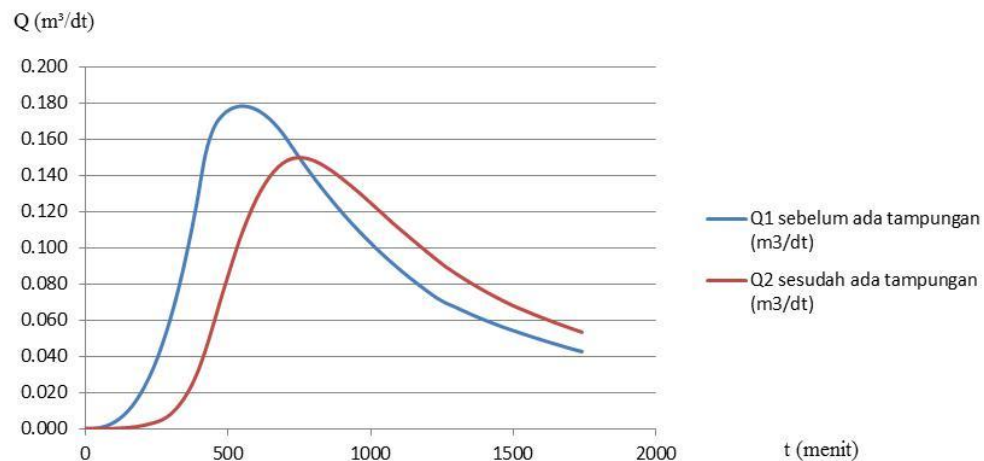
T (menit)	Q1 (m ³ /dt)	I (rata-rata) (m ³ /dt)	S1 (m ³ /dt)	S2 (m ³ /dt)	H (m)	Q2 (m ³ /dt)
0	0,000					0,000
30	0,170	0,085	0,000	0,085	0,001	0,004
60	0,944	0,557	0,081	0,638	0,006	0,029
90	2,645	1,794	0,609	2,403	0,014	0,110
120	5,555	4,100	2,293	6,393	0,026	0,293
150	9,929	7,742	6,099	13,841	0,044	0,635
180	16,009	12,969	13,206	26,175	0,068	1,202
210	24,023	20,016	24,974	44,990	0,097	2,065
240	34,188	29,106	42,925	72,031	0,133	3,306
270	46,716	40,452	68,724	109,176	0,175	5,011
300	61,809	54,262	104,165	158,427	0,243	8,189
330	79,653	70,731	150,238	220,969	0,336	13,340
360	100,404	90,029	207,629	297,658	0,445	20,314
390	124,200	112,302	277,344	389,646	0,577	30,007
420	151,169	137,684	359,639	497,324	0,734	43,006
450	166,314	158,741	454,317	613,059	0,900	58,355
480	173,274	169,794	554,704	724,498	1,057	74,380
510	176,874	175,074	650,118	825,192	1,199	89,746
540	178,352	177,613	735,445	913,058	1,324	104,215
570	178,135	178,244	808,843	987,087	1,427	116,627
600	176,450	177,293	870,460	1047,752	1,513	127,303
630	173,428	174,939	920,450	1095,389	1,579	135,686
660	169,139	171,283	959,703	1130,986	1,629	142,156
690	163,617	166,378	988,830	1155,208	1,663	146,669
720	156,872	160,244	1008,539	1168,784	1,682	149,198
750	149,944	153,408	1019,586	1172,994	1,688	149,982
780	143,283	146,614	1023,012	1169,626	1,683	149,355
810	136,918	140,101	1020,272	1160,372	1,670	147,631
840	130,836	133,877	1012,742	1146,619	1,651	145,068
870	125,024	127,930	1001,550	1129,480	1,626	141,876
900	119,470	122,247	987,604	1109,851	1,598	138,231
930	114,162	116,816	971,620	1088,436	1,569	134,462
960	109,091	111,627	953,974	1065,600	1,538	130,444
990	104,245	106,668	935,157	1041,825	1,505	126,260
1020	99,614	101,929	915,565	1017,494	1,471	121,978
1050	95,188	97,401	895,516	992,917	1,436	117,653
1080	90,960	93,074	875,264	968,338	1,400	113,328
1110	86,919	88,939	855,011	943,950	1,367	109,307
1140	83,058	84,988	834,643	919,632	1,333	105,299
1170	79,368	81,213	814,333	895,546	1,300	101,329
1200	75,842	77,605	794,218	871,823	1,266	97,419
1230	72,473	74,158	774,404	848,562	1,232	93,585
1260	69,749	71,111	754,977	826,088	1,200	89,881
1290	67,756	68,753	736,207	804,960	1,171	86,659
1320	65,515	66,636	718,301	784,937	1,143	83,603

(Sumber : hasil perhitungan)

Lanjutan Tabel 4.49

T (menit)	Q1 (m^3/dt)	Q1 (rata-rata) (m^3/dt)	S1 (m^3/dt)	S2 (m^3/dt)	H (m)	Q2 (m^3/dt)
1350	63,377	64,446	701,333	765,779	1,116	80,680
1380	61,348	62,363	685,099	747,462	1,090	77,885
1410	59,424	60,386	669,578	729,964	1,065	75,214
1440	57,598	58,511	654,750	713,261	1,041	72,665
1470	55,863	56,731	640,595	697,326	1,018	70,234
1500	54,214	55,039	627,093	682,131	0,996	67,958
1530	52,644	53,429	614,173	667,603	0,976	65,938
1560	51,114	51,879	601,665	653,544	0,956	63,983
1590	49,589	50,351	589,560	639,912	0,937	62,088
1620	48,109	48,849	577,823	626,672	0,919	60,248
1650	46,674	47,391	566,425	613,816	0,901	58,460
1680	45,281	45,977	555,356	601,333	0,883	56,725
1710	43,930	44,605	544,608	589,214	0,865	55,040
1740	42,619	43,274	534,174	577,448	0,848	53,404

(Sumber : hasil perhitungan)



Gambar 4.13 Hasil pengurangan debit banjir dengan reboisasi dan tampungan.

Hasil penelusuran banjir tersebut menunjukkan bahwa dengan tampungan sebesar 1.978.106,22 m^3 dapat mereduksi debit banjir periode ulang 5 tahun (Q_5) 178,352 m^3/dt menjadi 149.982 m^3/dt . Apabila volume tampungan tersebut dijadikan embung yang letaknya tersebar di wilayah studi, maka :

- Asumsi luas 1 embung : 3 Ha
- Kedalaman embung : 5 m
- Volume embung : 150.000 m^3

- Jadi kebutuhan embung : 1.978.106,22 m³/150,000 m³
: 13,187 ≈ 13 embung

Lokasi penempatan situ/embung terdapat pada lampiran.

Tabel 4.50 Rekapitulasi pengurangan debit banjir dengan tampungan.

No.	Debit setelah reboisasi. Q5 (m ³ /dt)	Debit sesudah direduksi dengan tampungan. (m ³ /dt)	Volume tampungan yang diperlukan. (m ³)
1.	178,352	149.982	1.978.106,22 m ³ (13 embung)

(Sumber : hasil perhitungan)

4.8.3. Upaya pengurangan debit banjir dengan Gabungan Pemanenan Air Hujan (PAH) dan Sumur Resapan (Alternatif 2).

Penerapan Pemanenan Air Hujan (PAH) adalah pada daerah permukiman. Permukiman di daerah aliran sungai pada wilayah studi didominasi oleh perkampungan. Dalam pelaksanaannya, Pemanenan Air Hujan (PAH) adalah menggunakan tandon pengumpul air hujan yang diletakkan di setiap rumah. Metode ini selain untuk mengurangi limpasan permukaan juga dapat dijadikan sebagai cadangan air bersih bagi masyarakat.

PUH 5 tahun, R = 125,86 mm.

- Jumlah penduduk = 88.280 jiwa
- Asumsi luas area tangkapan = 100 m². (10m x 10m atap rumah)
- Jumlah rumah = 88.280 jiwa/ 5(tiap KK 5 orang)
= 17.656 rumah
- Koefisien run off (C) = 95% (asumsi 95% air hujan yang dapat ditampung dan 5% hilang karena evaporasi dan kebocoran).

Air dari atap masuk ke tandon (*reservoir*) dan sisanya masuk ke sumur resapan:

- n : 0,012 (koefisien manning)
- L : 6,40 m
- S : 0,40 (kemiringan atap)
- Ls : 20 m (panjang lintasan aliran)

- $V : 1 \text{ m/dt}$ (kecepatan aliran di talang).
- $K : 1,388 \times 10^{-5} \text{ m/dt}$. (koefisien permeabilitas).
- Kedalaman muka air tanah = 3,90 m

Debit air yang berasal dari atap rumah :

- $t_o = \left[\frac{2}{3} \times 3,288 \times 6,40 \times \frac{0,012}{\sqrt{0,40}} \right] = 0,27 \text{ jam}$.
- $t_d = \frac{20}{60 \times 1} = 0,33 \text{ jam}$
- $t_c = 0,27 + 0,33 = 0,60 \text{ jam}$.
- $I = \frac{125,86}{24} \left(\frac{24}{0,60} \right)^{2/3}$
 $= 61,40 \text{ mm/jam}$
- $Q = 0,002778 \times 0,95 \times 61,40 \times (100/10000)$
 $= 0,0016 \text{ m}^3/\text{dt}$.
 $= 23,33 \text{ m}^3/\text{hari}$. (hujan paling lama 4 jam/hari).
- Potensi pengurangan banjir dengan Gabungan Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan = $0,0016 \text{ m}^3/\text{dt} \times 17.656$ (jumlah rumah).
 $= 28,61 \text{ m}^3/\text{dt} \approx 16 \%$.

Tabel 4.51 Rekapitulasi pengurangan debit banjir dengan Gabungan Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan.

No.	Debit setelah reboisasi. Q5 (m ³ /dt)	Debit sesudah direduksi dengan PAH dan Sumur Resapan. (m ³ /dt)
1.	178,352	149,740

(Sumber : hasil perhitungan)

Berdasarkan analisa perhitungan diatas, pengurangan debit dengan menggunakan gabungan Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan dapat mengurangi debit banjir sebesar 16%.

Air yang berasal dari atap ditampung terlebih dahulu ke tandon, direncanakan menggunakan tandon 2m³. Jadi debit yang dipanen tiap rumah adalah 2m³/hari.

Perencanaan Sumur Resapan :

Debit yang masuk ke dalam sumur resapan :

$$23,336 \text{ m}^3/\text{hari} - 2 \text{ m}^3/\text{hari} = 21,336 \text{ m}^3/\text{hari} \approx 0,0015 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

Direncanakan sumur resapan :

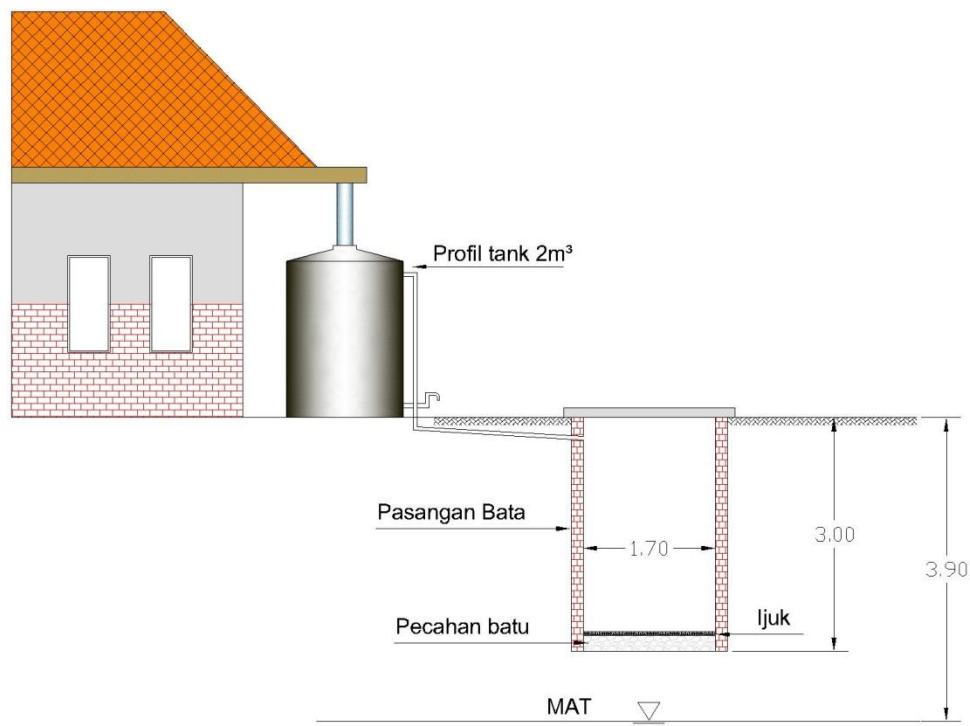
Diameter : 1,70 m

$$\begin{aligned} F &= 5,5 R \\ &= 5,5 \times 0,50 \\ &= 2,750 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka kedalaman sumur resapan adalah

$$H = \frac{Q}{F \times K} \left(1 - e^{\frac{-F \times K \times T}{\pi r^2}} \right)$$
$$H = \frac{0,0015}{2,750 \times 1,388 \times 10^{-5}} \left(1 - e^{\frac{2,750 \times 1,388 \times 10^{-5} \times 2156,37}{\pi \times 0,85^2}} \right)$$

$$H = 3,023 \text{ m} \approx 3,00 \text{ m.}$$



Gambar 4.14 Desain Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan (SNI 06-2405-1991).

4.9 Aspek Lingkungan.

4.9.1. Vegetasi.

Dalam kajian ini membahas besarnya volume simpanan air tanah akibat adanya penanaman pohon sebagai kegiatan reboisasi. Hal ini akan sangat berguna pada musim kemarau karena jumlah air yang lebih sedikit dibanding musim hujan. Volume air dipengaruhi oleh jenis vegetasi dan jenis tanah. Menurut hasil penelitian British Columbia, Ministry of Agriculture food dan Fisheries (2002), suatu vegetasi memiliki simpanan lengas tanah (SWS). Untuk menghitung nilai kelengasan tanah digunakan persamaan :

$$SWS = RD \times AWSC$$

Dimana :

SWS = simpanan lengas tanah (mm).

RD = kedalaman efektif perakaran tanaman (m).

AWSC = kapasitas simpanan air tersedia.

Besarnya kapasitas simpanan air tersedia dipengaruhi oleh jenis tanah. Di wilayah studi jenis tanahnya adalah jenis tanah lempung berpasir, kapasitas simpanan air tersedia adalah 125 mm.

Tabel 4.52 Simpanan Lengas Tanah (mm/bulan)

No.	Jenis Vegetasi	Kedalaman Akar Efektif (m)	Kapasitas Simpanan Air Tersedia (mm/m)	Simpanan Lengas Tanah (mm)
1.	Durian	1,50	125	187,50
2.	Porang	0,60	125	75,00
3.	Beringin	1,50	125	187,50
4.	Bambu	2,00	125	250,00
5.	Gaharu	1,70	125	212,50

Dari nilai simpanan lengas tanah, dapat dihitung berapa besar volume air yang tersedia berdasarkan jenis vegetasi. Berikut ini adalah perhitungan volume air yang tersimpan untuk tiap jenis vegetasi per zona:

- Zona Hulu.

1. Bringin Putih + Porang = 1928,18 Ha.
 Jumlah bulan kering = 5 bulan
 Rata-rata simpanan lengas tanah = 131,250 mm

$$\text{Luas Lahan} = \frac{\text{Volume air yang tersimpan}}{\text{Total simpanan lengas tanah x jumlah bulan kering}}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume air yang tersimpan} &= 19281800 \times 0,13125 \times 5 \\ &= 12.653.681,25 \text{ m}^3/\text{tahun.} \\ &= 1.054.473,44 \text{ m}^3/\text{bulan.}\end{aligned}$$

2. Bambu = 2558,31 Ha.
 Jumlah bulan kering = 5 bulan
 Simpanan lengas tanah = 250,00 mm

$$\text{Luas Lahan} = \frac{\text{Volume air yang tersimpan}}{\text{Total simpanan lengas tanah x jumlah bulan kering}}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume air yang tersimpan} &= 25583100 \times 0,25 \times 5 \\ &= 31.978.875 \text{ m}^3/\text{tahun.} \\ &= 2.664.906,25 \text{ m}^3/\text{bulan.}\end{aligned}$$

3. Durian = 478 Ha.
 Jumlah bulan kering = 5 bulan
 Simpanan lengas tanah = 187,500 mm

$$\text{Luas Lahan} = \frac{\text{Volume air yang tersimpan}}{\text{Total simpanan lengas tanah x jumlah bulan kering}}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume air yang tersimpan} &= 4780000 \times 0,187 \times 5 \\ &= 4.487.156,25 \text{ m}^3/\text{tahun.} \\ &= 373.929,69 \text{ m}^3/\text{bulan.}\end{aligned}$$

Volume total air yang tersimpan di zona hulu adalah sebesar 49.119.712,50 m³/tahun.

- Zona Tengah.

1. Bringin Putih + Porang = 1780,92 Ha.
 Jumlah bulan kering = 5 bulan
 Rata-rata simpanan lengas tanah = 131,250 mm

$$\text{Luas Lahan} = \frac{\text{Volume air yang tersimpan}}{\text{Total simpanan lengas tanah x jumlah bulan kering}}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang tersimpan} &= 17809200 \times 0,13125 \times 5 \\ &= 11.687.287,50 \text{ m}^3/\text{tahun.} \\ &= 973.940,63 \text{ m}^3/\text{bulan.} \end{aligned}$$

2. Bambu = 737,43 Ha.
 Jumlah bulan kering = 5 bulan
 Simpanan lengas tanah = 250,00 mm

$$\text{Luas Lahan} = \frac{\text{Volume air yang tersimpan}}{\text{Total simpanan lengas tanah x jumlah bulan kering}}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang tersimpan} &= 7374300 \times 0,25 \times 5 \\ &= 9.217.875 \text{ m}^3/\text{tahun.} \\ &= 768.156,25 \text{ m}^3/\text{bulan.} \end{aligned}$$

3. Durian = 700 Ha.
 Jumlah bulan kering = 5 bulan
 Simpanan lengas tanah = 187,500 mm

$$\text{Luas Lahan} = \frac{\text{Volume air yang tersimpan}}{\text{Total simpanan lengas tanah x jumlah bulan kering}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air yang tersimpan} &= 7000000 \times 0,187 \times 5 \\
 &= 6.562.500 \text{ m}^3/\text{tahun.} \\
 &= 546.875 \text{ m}^3/\text{bulan.}
 \end{aligned}$$

Volume total air yang tersimpan di zona tengah adalah sebesar 27.467.662,50 m³/tahun.

- Zona Hilir.

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Bringin Putih + Porang} &= 1266,99 \text{ Ha.} \\
 \text{Jumlah bulan kering} &= 5 \text{ bulan} \\
 \text{Rata-rata simpanan lengas tanah} &= 131,250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Luas Lahan} = \frac{\text{Volume air yang tersimpan}}{\text{Total simpanan lengas tanah} \times \text{jumlah bulan kering}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air yang tersimpan} &= 12669900 \times 0,13125 \times 5 \\
 &= 8.314.621,88 \text{ m}^3/\text{tahun.} \\
 &= 692.885,16 \text{ m}^3/\text{bulan.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Bambu} &= 841,27 \text{ Ha.} \\
 \text{Jumlah bulan kering} &= 5 \text{ bulan} \\
 \text{Simpanan lengas tanah} &= 250,00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Luas Lahan} = \frac{\text{Volume air yang tersimpan}}{\text{Total simpanan lengas tanah} \times \text{jumlah bulan kering}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air yang tersimpan} &= 8412700 \times 0,25 \times 5 \\
 &= 10.515.875 \text{ m}^3/\text{tahun.} \\
 &= 876.322,92 \text{ m}^3/\text{bulan.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Durian} &= 1.105,96 \text{ Ha.} \\
 \text{Jumlah bulan kering} &= 5 \text{ bulan} \\
 \text{Simpanan lengas tanah} &= 187,500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Luas Lahan} = \frac{\text{Volume air yang tersimpan}}{\text{Total simpanan lengas tanah x jumlah bulan kering}}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume air yang tersimpan} &= 11059600 \times 0,187 \times 5 \\ &= 10.368.375 \text{ m}^3/\text{tahun.} \\ &= 864.031,25 \text{ m}^3/\text{bulan.}\end{aligned}$$

Volume total air yang tersimpan di zona hilir adalah sebesar 29.198.871,88 m³/tahun.

4.9.2. Penambahan muka air tanah dengan adanya pembuatan Situ/Embung maupun Sumur Resapan.

Selain untuk mengurangi limpasan permukaan (*run off*), pembuatan situ/embung maupun sumur resapan merupakan kegiatan *recharge* air tanah. Penempatan situ/embung ini berdasarkan kondisi topografi lahan di DAS wilayah studi. Sedangkan sumur resapan ditempatkan pada tiap-tiap rumah yang ada di DAS wilayah studi. Kegiatan *recharge* air tanah akan sangat berdampak pada kondisi permukaan air tanah. Kondisi permukaan air tanah suatu daerah sangat dipengaruhi oleh aktifitas manusia. Salah satunya adalah pengambilan air tanah untuk pemenuhan kebutuhan air bersih terutama pada musim kemarau. Oleh karena itu pembuatan situ/embung maupun sumur resapan di wilayah studi sangat mempengaruhi kondisi permukaan air tanah dibandingkan tanpa adanya situ/embung maupun sumur resapan. Dengan adanya pembuatan situ/embung dan sumur resapan, maka terjadi kenaikan muka air tanah dibandingkan dengan tanpa situ/embung dan sumur resapan. Dengan adanya peresapan buatan sebesar 164 m³/tahun pada tahun 2009, dapat memulihkan kondisi air tanah di daerah Bandung pada tahun 2013, terutama pada zona Kritis dan zona Rusak (Hutasoit, 2009). Peresapan buatan ini dapat berupa reservoir permukaan, sumur resapan dan parit resapan. Jadi pembuatan situ/embung maupun sumur resapan sangat berpengaruh positif terhadap lingkungan dalam hal pemulihan kondisi air tanah.

Penempatan situ/embung yang tepat juga akan dapat mengurangi daya rusak air karena adanya pengurangan debit banjir. Daya rusak air ini

dapat mengakibatkan adanya erosi dan kerusakan sarana dan prasarana sumber daya air seperti pondasi jembatan, bendung, pintu air, tanggul sungai dan lain-lain.

4.10 Aspek Ekonomi.

Analisa yang dilakukan adalah membandingkan antara biaya konservasi dengan manfaat yang didapat dari berkurangnya banjir. Besarnya biaya yang dihitung meliputi biaya pembelian dan penanaman bibit tanaman, biaya pembuatan embung serta biaya pembuatan gabungan pemanenan air hujan dan sumur resapan. Jenis tanaman yang digunakan untuk konservasi adalah jenis tanaman yang berfungsi sebagai konservasi dan memiliki nilai ekonomi. Jenis tanaman yang dimaksud adalah durian, bambu, porang dan bringin putih.

a) Biaya (*cost*)

Perhitungan biaya konservasi dibedakan menurut metode vegetatif dan metode Mekanis.

➤ Biaya konservasi metode vegetatif.

Tabel 4.53 Analisa Biaya Tanam Pohon Durian per Hektar.

No	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga sat.	Harga Total
BIAYA INPUT					
1.	Bibit Durian				
	- Penanaman	Bibit	100	Rp. 150.000,00	Rp. 15.000.000,00
	- Penyulaman (pada tahun ke 2)	Bibit	20	Rp. 150.000,00	Rp. 3.000.000,00
2.	Pupuk Kandang (tahun ke 1 s/d ke 4)	kg	10000	Rp. 500,00	Rp. 5.000.000,00
3.	Pupuk Urea (tahun ke 1 s/d ke 4)	kg	304	Rp. 2.000,00	Rp. 608.000,00
4.	Pupuk TSP (tahun ke 1 s/d ke 4)	kg	152	Rp. 2.000,00	Rp. 304.000,00
5.	Pupuk KCI (tahun ke 1 s/d ke 4)	kg	152	Rp. 2.200,00	Rp. 334.400,00
6.	Obat pengendalian				
	- Hama (pestisida) (tahun ke 1 s/d ke 4)	Liter	8	Rp. 75.000,00	Rp. 600.000,00
	- Jamur (fungisida) (tahun ke 1 s/d ke 4)	Liter	8	Rp. 75.000,00	Rp. 600.000,00
	- Rumput (herbisida) (tahun ke 1 s/d ke 4)	Liter	8	Rp. 75.000,00	Rp. 600.000,00
BIAYA TENAGA KERJA					
1.	Persiapan lahan	HOK	60	Rp. 50.000,00	Rp. 3.000.000,00
2.	Pembuatan Lubang Tanam	HOK	60	Rp. 50.000,00	Rp. 3.000.000,00
3.	Penanaman bibit	HOK	12	Rp. 50.000,00	Rp. 600.000,00
4.	Penyulaman (pada tahun ke 2)	HOK	3	Rp. 50.000,00	Rp. 150.000,00
4.	Pemupukan (tahun ke 1 s/d ke 4)	HOK	24	Rp. 50.000,00	Rp. 1.200.000,00
5.	Pengendalian hama penyakit (tahun ke 1 s/d ke 4)	HOK	4	Rp. 50.000,00	Rp. 200.000,00
JUMLAH					Rp. 34.196.400,00

(Sumber : sulismono, 2016)

Tabel 4.54 Analisa Biaya Tanam Bambu per Hektar.

No	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga sat.		Harga Total	
BIAYA INPUT							
1.	Penanaman	Batang	156	Rp.	10500	Rp.	1.638.000,00
2.	Pupuk Urea	kg	40	Rp.	2000	Rp.	80.000,00
3.	Pupuk TSP	kg	40	Rp.	2000	Rp.	80.000,00
BIAYA TENAGA KERJA							
1.	Persiapan lahan	HOK	60	Rp.	50000	Rp.	3.000.000,00
3.	Penanaman bibit	HOK	12	Rp.	50000	Rp.	600.000,00
JUMLAH						Rp.	5.398.000,00

(Sumber : sutyono, 2014)

Tabel 4.55 Analisa Biaya Tanam Bringin Putih per Hektar.

No	Uraian	Satuan		Harga sat.		Harga Total	
BIAYA INPUT							
1.	Penanaman Bibit	Batang	400	Rp.	1500	Rp.	600.000,00
2.	Pupuk Urea	kg	40	Rp.	2000	Rp.	80.000,00
3.	Pupuk TSP	kg	40	Rp.	2000	Rp.	80.000,00
BIAYA TENAGA KERJA							
1.	Persiapan lahan	HOK	34,8	Rp.	50000	Rp.	1.740.000,00
3.	Penanaman bibit	HOK	20,1	Rp.	50000	Rp.	1.005.000,00
JUMLAH							3.505.000,00

(Sumber : sutyono, 2014)

Tabel 4.56 Analisa Biaya Tanam Porang per Hektar.

No	Uraian	Satuan		Harga sat.		Harga Total	
BIAYA INPUT							
1.	Penanaman Bibit	Biji	2000	Rp.	500	Rp.	1.000.000,00
2.	Pupuk Urea	kg	20	Rp.	2000	Rp.	40.000,00
3.	Pupuk TSP	kg	20	Rp.	2000	Rp.	40.000,00
BIAYA TENAGA KERJA							
1.	Persiapan lahan	Ha	1	Rp.	500000	Rp.	500.000,00
2.	Penanaman bibit	Ha	1	Rp.	500000	Rp.	500.000,00
JUMLAH							2.080.000,00

(Sumber : Agus, 2014)

Tabel 4.57 Rincian Biaya Penanaman dan Pembelian Bibit Tanaman Konservasi.

Zona	Jenis Vegetasi	Luas Tanam	Harga Vegetasi per Hektar (Rp.)	Harga Total
Hulu	- Gabungan Bringin Putih dan Porang	1928,18	3.505.000,00	Rp. 6.758.270.900,00
		1928,18	2.080.000,00	Rp. 4.010.614.400,00
	- Bambu	2558,31	5.398.000,00	Rp. 13.809.757.380,00
	- Durian	478,63	34.196.400,00	Rp. 16.367.422.932,00
Tengah	- Gabungan Bringin Putih dan Porang	1780,92	3.505.000,00	Rp. 6.242.124.600,00
		1780,92	2.080.000,00	Rp. 3.704.313.600,00
	- Bambu	737,43	5.398.000,00	Rp. 3.980.647.140,00
	- Durian	700,00	34.196.400,00	Rp. 23.937.480.000,00
	- Bringin Putih	119,10	3.505.000,00	Rp. 417.445.500,00
Hilir	- Gabungan Bringin Putih dan Porang	1266,99	3.505.000,00	Rp. 4.440.799.950,00
		1266,99	2.080.000,00	Rp. 2.635.339.200,00
	- Bambu	841,27	5.398.000,00	Rp. 4.541.175.460,00
	- Durian	1105,96	34.196.400,00	Rp. 37.819.850.544,00
	- Bringin Putih	261,76	3.505.000,00	Rp. 917.468.800,00
JUMLAH				Rp. 129.582.710.406,00

Biaya untuk penanaman dan pembelian tanaman konservasi adalah sebesar Rp. 129.582.710.406,00

➤ Biaya konservasi pembuatan embung (Mekanis).

Tabel 4.58 Rincian Biaya Pembuatan 1 buah Situ/Embung.

No.	Uraian	Sat.	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
1.1	Pembebasan lahan	Ha	3,00	Rp. 225.000.000,00	Rp. 675.000.000,00
1.2	Pengukuran (MC 0% dan 100%)	Ls	1,00	Rp. 26.660.000,00	Rp. 26.660.000,00
1.3	Mobilisasi dan demobilisasi alat berat	Ls	1,00	Rp. 15.000.000,00	Rp. 15.000.000,00
II PEKERJAAN TANAH					
2.1	Tebas tebang	m ²	30000,00	Rp. 9.600,00	Rp. 288.000.000,00
2.2	Galian tanah lumpur	m ³	49164,50	Rp. 19.100,00	Rp. 939.041.950,00
2.3	Galian tanah biasa	m ³	44015,30	Rp. 13.000,00	Rp. 572.198.900,00
2.4	Galian tanah bangunan	m ³	2436,50	Rp. 42.000,00	Rp. 102.333.000,00
2.5	Buangan tanah hasil galian Maximum jarak 1 Km	m ³	88900,90	Rp. 30.500,00	Rp. 2.711.477.450,00
2.6	Transfer hasil galian	m ³	46589,90	Rp. 15.800,00	Rp. 736.120.420,00
2.7	Timbunan tanah hasil galian di padatkan	m ³	4278,90	Rp. 23.600,00	Rp. 100.982.040,00
2.8	Gebalan rumput	m ²	6286,50	Rp. 14.200,00	Rp. 89.268.300,00
III PEKERJAAN PASANGAN					
3.1	Pasangan batu 1pc : 4 psr	m ³	2436,50	Rp. 782.600,00	Rp. 1.906.804.900,00
3.2	Plesteran 1pc : 3psr	m ²	1075,90	Rp. 52.300,00	Rp. 56.269.570,00
3.3	Siaran 1pc : 2psr	m ²	5616,00	Rp. 40.300,00	Rp. 226.324.800,00
3.4	Suling-suling dia. 2"	bh	545,00	Rp. 37.100,00	Rp. 20.219.500,00
3.5	Cerucuk bambu dia. 7 - 10 cm	bh	2600,00	Rp. 38.900,00	Rp. 101.140.000,00
3.6	Pembentukan batu muka	m ²	5616,00	Rp. 68.200,00	Rp. 383.011.200,00
IV PEKERJAAN BETON					
4.1	Beton mutu K 225	m ³	12,60	Rp. 1.073.900,00	Rp. 13.531.140,00
4.2	Penulangan besi beton	kg	1386,00	Rp. 27.100,00	Rp. 37.560.600,00
4.3	Bekisting kayu termasuk bongkaran	m ²	120,32	Rp. 151.400,00	Rp. 18.216.448,00
4.4	Pengadaan dan pemasangan pintu	bh	1,00	Rp. 15.670.800,00	Rp. 15.670.800,00
V PEKERJAAN DEWATERING					
5.1	Kisdan dan pengeringan	Ls	1,00	Rp. 19.818.100,00	Rp. 19.818.100,00
JUMLAH				Rp.	9.054.649.118,00

Biaya untuk pembuatan 1 buah situ/embung adalah Rp. 9.054.649.118 x 13.

- Biaya konservasi pembuatan gabungan pemanenan air hujan dan sumur resapan (Mekanis).

Tabel 4.59 Rincian Biaya Pembuatan 1 buah Pemanenan Air Hujan dan Sumur resapan

No.	Uraian	Sat.	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN TANAH				
1.1	Galian Tanah	m ³	6,81	Rp. 41.600,00	Rp. 283.127,52
II	SUMUR RESAPAN				
2.1	Pasangan Batu Bata	m ²	16,01	Rp. 65.154,00	Rp. 1.043.376,16
2.2	Plesteran Halus	m ²	16,01	Rp. 37.321,70	Rp. 597.669,70
2.3	Rabatan	m ³	0,27	Rp. 426.104,11	Rp. 116.001,73
III	PEKERJAAN INSTALASI				
3.1	Pemasangan pipa talang	m ³	20,00	Rp. 14.906,25	Rp. 298.125,00
3.2	Pemasangan pipa paralon	m ²	2,50	Rp. 4.512,08	Rp. 11.280,20
3.3	Pemasangan pipa PVC 3"	m ²	2,50	Rp. 27.061,28	Rp. 67.653,20
3.4	Profil tank 2,2 m ³	bh	1,00	Rp. 2.200.000,00	Rp. 2.200.000,00
JUMLAH					Rp. 4.617.233,51

Biaya untuk pembuatan 1 gabungan Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan adalah Rp. 4.617.233,51

Tabel 4.60 Rincian Biaya Total Konservasi Metode Vegetatif dan Metode Mekanis.

No.	URAIAN	HARGA
Pengurangan Debit Banjir dengan Reboisasi dan Pembuatan Situ/Embung		
1.	Biaya Pembelian dan penanaman bibit tanaman	Rp. 129.582.710.406,00
2.	Biaya Pembuatan Embung (13 embung)	Rp. 117.710.438.534,00
	JUMLAH	Rp. 247.293.148.940,00
Pengurangan Debit Banjir dengan Reboisasi, Pembuatan Situ/Embung dan pembuatan gabungan pemanenan air hujan dan sumur resapan.		
1.	Biaya Pembelian dan penanaman bibit tanaman	Rp. 129.582.710.406,00
2.	Pembuatan Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan (17.656 buah)	Rp. 81.521.874.861,36
	JUMLAH	Rp. 211.104.585.267,36

b) Manfaat (*benefit*)

Pembahasan besarnya manfaat (*benefit*) dalam kajian ini adalah besarnya kerugian akibat banjir yang dijadikan sebagai keuntungan dan pemanfaatan sarana dan prasarana konservasi yang telah dibuat.

1) Kerugian akibat adanya banjir.

Besarnya kerugian akibat banjir identik dengan manfaat yang di dapat dari upaya pengendalian banjir yang dilakukan. Berdasarkan data dari Balai

Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian tentang Laporan Kejadian Banjir Sungai Cidurian di Kabupaten Serang dan Tangerang Provinsi Banten pada tanggal 14 Januari 2012 :

1. Prasarana yang terganggu.
 - Rumah : 1.950 KK.
 - Sekolah : 5 buah.
 - Fasum : 10 buah.
 - Pertanian : 1100 Ha.
2. Tinggi genangan 0,50 m – 1,00 m.
3. Lama genangan lebih dari 1 hari.
4. Frekuensi banjir terjadi hampir setiap tahun.

Perhitungan kerugian akibat banjir meliputi :

✓ Kerusakan Fisik Langsung (*direct physical lost*).

➤ Permukiman.

Harga kerusakan/unit rumah x jumlah rumah terdampak.

Rp. 10.000.000 x 1.950 KK = Rp. 19.500.000.000,00

Ket : Rp. 10.000.000,00 kategori rusak sedang per unit (Kementerian Negara Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional tentang Penilaian Kerusakan dan Kerugian Akibat Bencana).

➤ Pertanian

Kerugian dihitung berdasarkan biaya sebagai berikut :

- Biaya Produksi.

Padi (Rp. 7.000.000,00/ha).

Besar kerugiannya = 50% x Biaya Produksi x Luas sawah terdampak

= 50% x Rp. 7.000.000,00/ha x 1.100 ha

= Rp. 3.850.000.000,00

- Hasil Panen = 5 ton/ha.

Harga gabah = Rp. 2.400/kg.

Kerugian per ha = Rp. 12.000.000,00/ha.

Kerugian total = Rp. 12.000.000,00/ha x 1.100 ha

$$= \text{Rp. } 13.200.000.000,00$$

Total kerugian fisik langsung pertanian

$$\text{Rp. } 3.850.000.000,00 + \text{Rp. } 13.200.000.000,00 = \text{Rp. } 17.050.000.000,00$$

Ket : 50% kerugian termasuk kategori sedang (Kementerian Negara Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional tentang Penilaian Kerusakan dan Kerugian Akibat Bencana).

➤ Sekolah

- Harga unit x jumlah sekolah x Ruang Kelas

$$\text{Rp. } 20.000.000,00 \times 5 \times 40 = \text{Rp. } 4.000.000.000,00$$

- Total kerugian fisik langsung permukiman adalah Rp.4.000.000.000,00

- Ket : Rp. 20.000.000,00 kategori rusak sedang (Kementerian Negara Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional tentang Penilaian Kerusakan dan Kerugian Akibat Bencana).

➤ Fasilitas Umum

- Harga unit x jumlah fasum yang terdampak.

$$\text{Rp. } 5.000.000,00 \times 10 = \text{Rp. } 50.000.000,00$$

- Total kerugian fisik langsung permukiman adalah Rp.50.000.000,00

Ket : Rp. 5.000.000,00 kategori rusak ringan (Kementerian Negara Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional tentang Penilaian Kerusakan dan Kerugian Akibat Bencana).

Total jumlah kerusakan langsung (*direct physical lost*) sebesar Rp. 40.600.000.000,00 (empat puluh milyar enam ratus juta rupiah).

✓ Kerugian Tidak Langsung (*indirect lost*).

➤ Permukiman.

- Harga kerusakan langsung permukiman x koefisien.

$$\text{Rp. } 19.500.000.000,00 \times 15\% = \text{Rp. } 2.925.000.000,00$$

➤ Pertanian

- Harga kerusakan langsung pertanian x koefisien.

$$\text{Rp. } 17.050.000.000,00 \times 10\% = \text{Rp. } 1.705.000.000,00$$

➤ Sekolah

- Harga kerusakan langsung sekolah x koefisien.

$$\text{Rp. } 4.000.000.000,00 \times 34\% = \text{Rp. } 1.360.000.000,00$$

➤ Fasilitas Umum

- Harga kerusakan langsung fasilitas umum x koefisien.

$$\text{Rp. } 50.000.000,00 \times 34\% = \text{Rp. } 17.000.000,00$$

Total jumlah kerugian tidak langsung (*indirect lost*) sebesar Rp. 6.007.000.000,00 (enam milyar tujuh juta rupiah).

✓ Kerugian tidak nyata non pasar.

- Pendapatan per kapita per tahun : Rp. 6.000.000,00
(sumber : Dinas perindustrian dan perdagangan kabupaten Serang dan Kabupaten Tangerang).
- Probabilitas 20% tinggi genangan :
 $20\% \times 0,75 = 0,15$
- Populasi yang terkena dampak (tiap KK 2 orang yang bekerja) :
 $1.950 \text{ KK} \times 2 = 3.900 \text{ orang.}$

Besar kerugian tidak nyata non pasar :

$$\text{Rp. } 6.000.000,00 \times 0,15 \times 3.900 = \text{Rp. } 3.510.000.000,00 \text{ (tiga milyar lima ratus sepuluh juta rupiah).}$$

- ✓ Besarnya manfaat yang dapat diperoleh dengan berkurangnya banjir adalah sebesar Rp. 40.600.000.000,00 + Rp. 6.007.000.000,00 + Rp. 3.510.000.000,00 = Rp. 50.117.000.000,00 (lima puluh milyar seratus tujuh belas juta rupiah).

2) Manfaat dari upaya konservasi dengan Pembudidayaan Keramba Jaring Apung pada situ/embung.

Keberadaan situ/embung dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dengan pembuatan Keramba Jaring Apung. Hal ini dimaksudkan agar situ/embung selain berfungsi sebagai konservasi juga dapat mempunyai nilai ekonomi yang dapat meningkatkan taraf ekonomi masyarakat sekitar. Keramba ini dapat digunakan untuk membudidayakan ikan. Dalam kajian ini membahas

biaya budidaya ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Berikut rincian biayanya :

Tabel 4.61 Biaya Investasi 1 Keramba

No	Uraian	Satuan		Harga satuan	Harga Total
MODAL TETAP					
1.	Pembuatan Keramba	bh	1	Rp 3.480.000,00	Rp 3.480.000,00
	6,00m x 6,00m x 2,50m				
	- Kerangka Keramba			Rp 680.000,00	
	- Drum			Rp 1.600.000,00	
	- Jaring Luar			Rp 480.000,00	
	- Jaring Dalam			Rp 480.000,00	
	- Tali			Rp 240.000,00	
2.	Upah Keramba	bh	1	Rp 300.000,00	Rp 300.000,00
3.	Sampan	bh	1	Rp 1.500.000,00	Rp 1.500.000,00
MODAL USAHA					
1.	Benih Ikan Nila	ekor	3.000	Rp 150,00	Rp 450.000,00
2.	Pakan				
	- Pelet 781-2 (ikan besar)	karung	7,5	Rp 380.000,00	Rp 2.850.000,00
	- Pelet 781-1 (ikan besar)	karung	7,5	Rp 390.000,00	Rp 2.925.000,00
	- FF 999 (ikan kecil)	karung	3,6	Rp 170.000,00	Rp 603.500,00
3.	Upah Panen	HOK	4	Rp 50.000,00	Rp 200.000,00
4.	Tenaga Kerja	HOK	30	Rp 45.000,00	Rp 1.350.000,00
TOTAL BIAYA INVESTASI					Rp 13.658.500,00

(sumber : hesty et., al, 2015)

Biaya pendapatan dihitung dari hasil panen ikan Nila. Hasil panen ikan Nila dihitung mengalami penyusutan 30% dari total benih yang disebar dalam keramba. Pendapatan yang didapat saat panen :

$$- 30\% \times 3.000 \text{ ekor} = 2.100 \text{ ekor.}$$

Berat ikan Nila saat panen @0,50 kg :

$$- 0,70 \text{ kg} \times 2.100 \text{ ekor} = 1.470 \text{ kg}$$

Pendapatan kotor (1 keramba):

$$- \text{Rp. } 23.000,00/\text{ekor} \times 1.470 \text{ kg} = \text{Rp. } 33.810.000,00$$

Pendapatan bersih (1 keramba):

$$- \text{Rp. } 33.810.000,00 - \text{Rp. } 13.658.500,00 = \text{Rp. } 20.151.500,00$$

Panen ikan Nila dapat dilakukan tiap 6 bulan, jadi dalam satu tahun pendapatan bersihnya :

$$\text{Rp. } 20.151.500,00 \times 2 = \text{Rp. } 40.303.000,00 \text{ /per keramba/tahun}$$

Apabila 1 situ/embung seluas 3 ha jumlah Keramba Jaring Apung yang dibuat adalah 400 keramba, maka :

- $400 \times \text{Rp. } 40.303.000,00 = \text{Rp. } 16.121.200.000,00/\text{tahun/situ.}$
- $\text{Rp. } 16.121.200.000,00/\text{tahun/situ.} \times 13 \text{ (jumlah total situ/embung)} = \text{Rp. } 209.575.600.000,00/\text{tahun.}$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Upaya konservasi sumber daya air di wilayah studi terbagi menjadi 2 (dua) alternatif sebagai berikut :
 - Alternatif 1 :

Upaya konservasi sumber daya air di wilayah studi dengan Reboisasi lahan seluas 11.778,55 ha (vegetatif) dan Pembuatan Situ/Embung sebanyak 13 buah (mekanis)
 - Alternatif 2 :

Upaya konservasi sumber daya air di wilayah studi dengan Reboisasi lahan seluas 11.778,55 ha (vegetatif) dan Gabungan Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan sebanyak 17.656 unit (mekanis).
2. Upaya konservasi sumber daya air di wilayah studi dengan vegetatif dapat mereduksi debit banjir sebesar 23,3%, sedangkan dengan mekanis sebesar 16%.

5.2 Saran.

1. Untuk pemilihan jenis vegetasi untuk kegiatan reboisasi, perlu dilakukan koordinasi dengan penduduk sekitar dikarenakan pemilihan jenis vegetasi sangat dipengaruhi oleh kemauan masyarakat.
2. Untuk lokasi penempatan situ/embung, perlu dilakukan studi kelayakan, survey investigasi dan desain (SID) dan dilanjutkan dengan *Detail Engineering Desain* (DED).
3. Untuk penggunaan Pemanenan Air Hujan dan Sumur Resapan juga perlu adanya sosialisasi ke pada masyarakat. Hal ini terkait antara jarak penempatan sumur resapan dengan tanki septik (sesuai dengan **SNI 06-2405-1991** tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan).

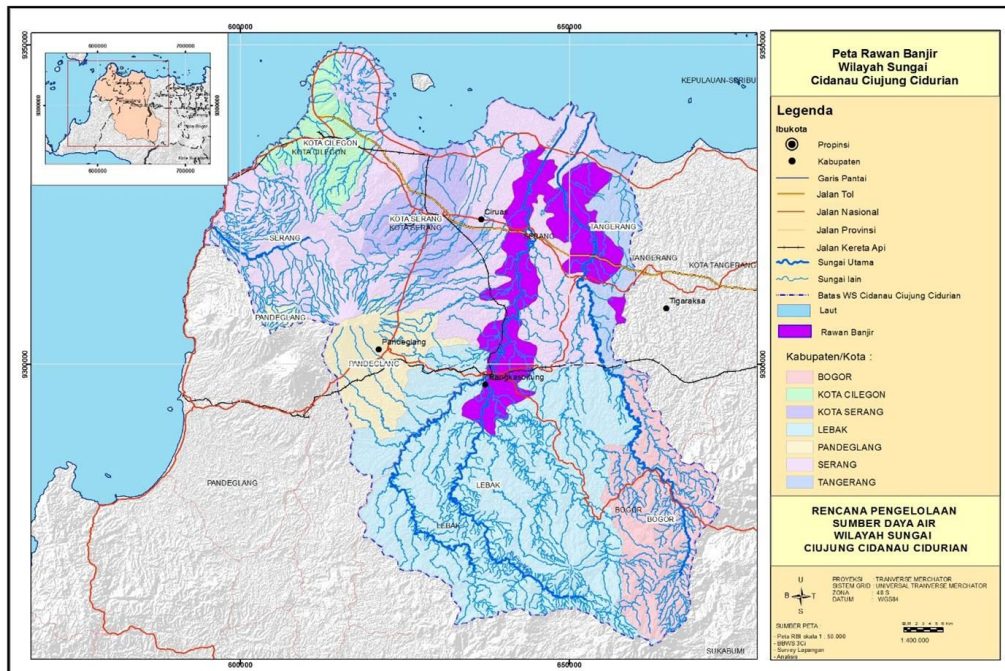
“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

DAFTAR PUSTAKA

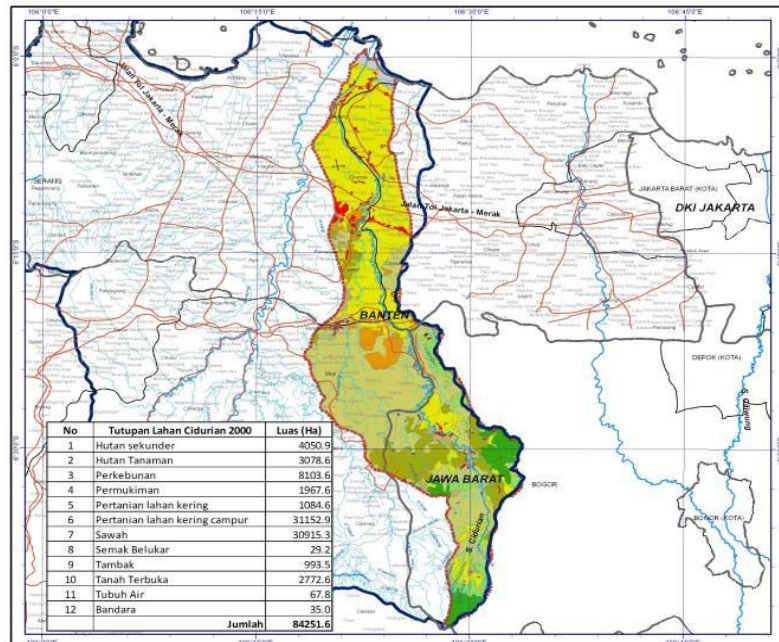
- Arsyad. S. 2000. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press. Bogor.
- Abdulla Fayed A., AW Al-Shareef. 2009. Roof rainwater harvesting system for household water supply in Jordan.
- Agus, F., E. Surmaini, dan N. Sutrisno. 2002. Teknologi hemat air dan irigasi suplemen. hlm. 239 – 264 dalam Abdurachman et al. (Eds.). Teknologi Pengelolaan Lahan Kering. Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Abdurachman, A., S. Abujamin, dan Suwardjo. 1982. Beberapa cara konservasi tanah pada areal pertanian rakyat. Disampaikan pada Pertemuan Tahunan Perbaikan Rekomendasi Teknologi tgl. 13 – 15 April. Pusat Penelitian Tanah, Bogor (Tidak Dipublikasikan).
- Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian. 2014, Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Cidanau – Ciujung – Cidurian.
- Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian. 2015, Penyusunan Rancangan Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Cidanau – Ciujung – Cidurian Tahap II.
- British Columbia 2002. Soil Water Storage Capacity And Available Soil Moisture. British Columbia, Canada.
- Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian. 2009. Studi Komprehensif Sistem Pengendalian Banjir Sungai Cidurian, Serang.
- Dudal, Soeprattohardjo. 1957. Sistem Klasifikasi Tanah Nasional.
- Budinetro H.S., Praja T.A., Rahayu S., 2009. Evaluasi Kemampuan Pengendalian Banjir pada 37 Embung di Hulu Kota Semarang.
- Haryono, N. Sutrisno, T. Vadari, dan U. Kurnia. 2000. Pengaruh gulud permanen air terhadap peningkatan kelembapan tanah pada lahan kering beriklim kering. hlm. 275 – 282 dalam Prosiding Kongres Nasional VII HITI. Bandung, 2 – 4 Nopember 1999. Himpunan Ilmu Tanah Indonesia.
- Hutasoit L.M. 2009. Kondisi Permukaan Air Tanah Dengan Dan Tanpa Peresapan Buatan Di Daerah Bandung : Hasil Simulasi Numerik.
- Kementerian Kehutanan. 2009. Aktifitas Pemantauan Hutan Indonesia.

- Kodatie, R.J. 2003, Rekayasa dan Manajemen Banjir Perkotaan.
- Lee, Richard. 1988. Hidrologi Hutan, edisi pertama, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Lal, R. 1978. Influence of tillage methods and residue mulches on soil structure and infiltration rate. P. 393 – 402. In Emerson, W.W., R.D. Bond, and A.R. Dexter (Eds). Modification of soil structure. John Wiley & Sons. Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
- Mega, M.I, Dibia, N.I, Adi, R dan Kusmiyarti, B.T 2010, Klasifikasi Tanah dan Kesesuaian Lahan, Buku Ajar : Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Udayana, Denpasar.
- Mahzum M.M. 2015. Analisa Ketersediaan Sumber Daya Air Dan Upaya Konservasi Sub DAS Brantas Hulu Wilayah Kota Batu.
- Noeralam, A. 2002. Teknik Pemanenan Air yang Efektif dalam Pengelolaan Lengan Tanah Pada Usaha Tani Lahan Kering. Desertasi. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- SNI 06-2405-1991. 1991. Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan.
- Saleh C. 2011. Kajian Penanggulangan Limpasan Permukaan Dengan Menggunakan Sumur Resapan (Studi Kasus Di Daerah Perumnas Made Kabupaten Lamongan.
- Subagyo. K; Umi Haryati; dan S.H. Tala'ohu. 2004. Teknologi Konservasi Air pada Pertanian Lahan Kering.
- Subagyo. K; Setiari Marwanto; dan Undang Kurnia. 2003. Teknik Konservasi Tanah Secara Vegetatif.
- Suhardjo, M., A. Abas Idjudin, dan Maswar. 1997. Evaluasi beberapa macam strip rumput dalam usaha pengendalian erosi pada lahan kering berteras di lereng perbukitan kritis D.I. Yogyakarta. hlm. 143 – 150 dalam Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi Sistem Usahatani Konservasi. Bagian Proyek Penelitian Terapan Sistem DAS Kawasan Perbukitan Kritis Yogyakarta (YUADP Komponen – 8). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- S. Dede. 2014. Kajian Dampak Perubahan Lahan Terhadap Debit Aliran DAS Ciujung, IPB Bogor.

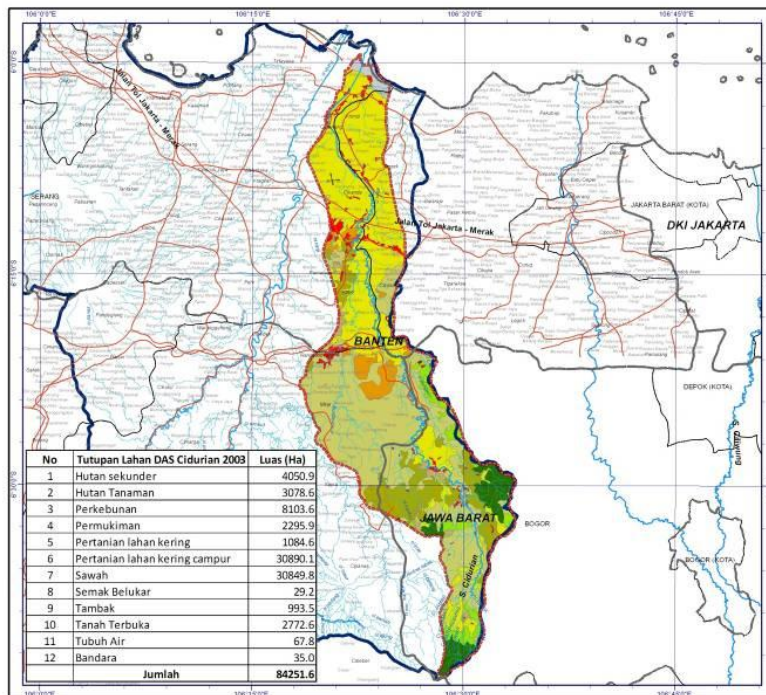
- Syamsiah, I., P. Wardana, Z. Arifin, A. M. Fagi. 1994. Embung Kolam Penampung Air Serbaguna. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Andi Offset, Yogyakarta
- Sholeh M. 1998. Hidrologi I. Diktat Kuliah. Surabaya : FTSP – ITS.
- Soemarto. CD. 1999, Hidrologi Teknik, Erlangga, Jakarta.
- Sosrodarsono & Takeda. 1977, Hidrologi Untuk Pengairan. Jakarta:PT Pradnya Paramita
- Triatmojo. Bambang. (2010), Hidrologi Terapan, edisi kedua, Beta Offset, Yogyakarta.
- Tala'ohu, S. H., A. Abdurachman, dan H. Suwardjo. 1992. Pengaruh teras bangku, teras gulud, slot mulsa Flemingia dan strip rumput terhadap erosi, hasil tanaman dan ketahanan tanah Tropudult di Sitiung. hlm. 78 – 89 dalam Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah : Bidang Konservasi Tanah dan Air. Bogor, 22 – 24 Agustus 1989. Puslitbangtanak, Bogor.
- Tala'ohu, S. H. 1998. Teknik Pemanenan Air (Leaflet). Kelompok Kerja Penelitian dan Pengembangan. Sekretariat Tim Pengendali Bantuan Penghijauan dan Reboisasi Pusat.
- Troeh, F. R., J. A. Hobs, and R. L. Donahoe. 1991. Soil and Water Conservation. Prentice Hall, Inc. A Division of Simon & Schuster. Enggewood Cliffs, New Jersey.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2014. Konservasi Tanah dan Air.
- Wahyunto, M.Z. Abidin, A. Priyono, dan Sunaryo. 2001. Studi Perubahan Penggunaan Lahan Di Sub DAS Citarik, Jawa Barat dan DAS Kaligarang, Jawa Tengah. Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah. Balai Penelitian Tanah Bogor.
- Yulistyorini A. 2011. Pemanenan Air Hujan (PAH) Sebagai Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air Perkotaan.



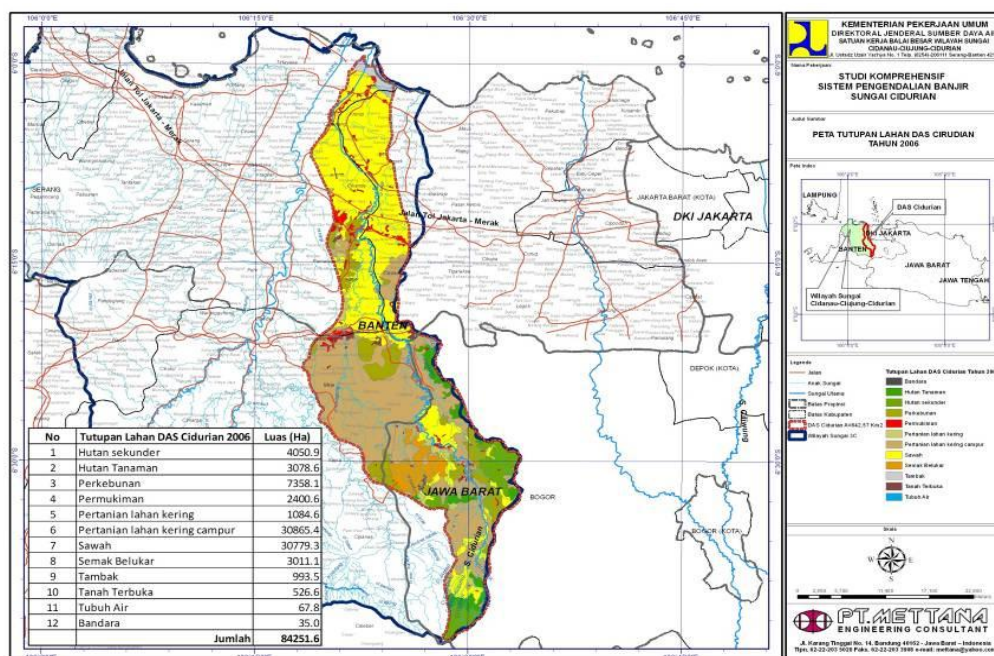
Lampiran Gambar - 1 Peta rawan banjir Cidanau-Ciujung-Cidurian (BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian, 2015).



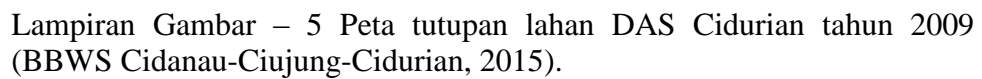
Lampiran Gambar – 2 Peta tutupan lahan DAS Cidurian tahun 2000 (BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian, 2015).

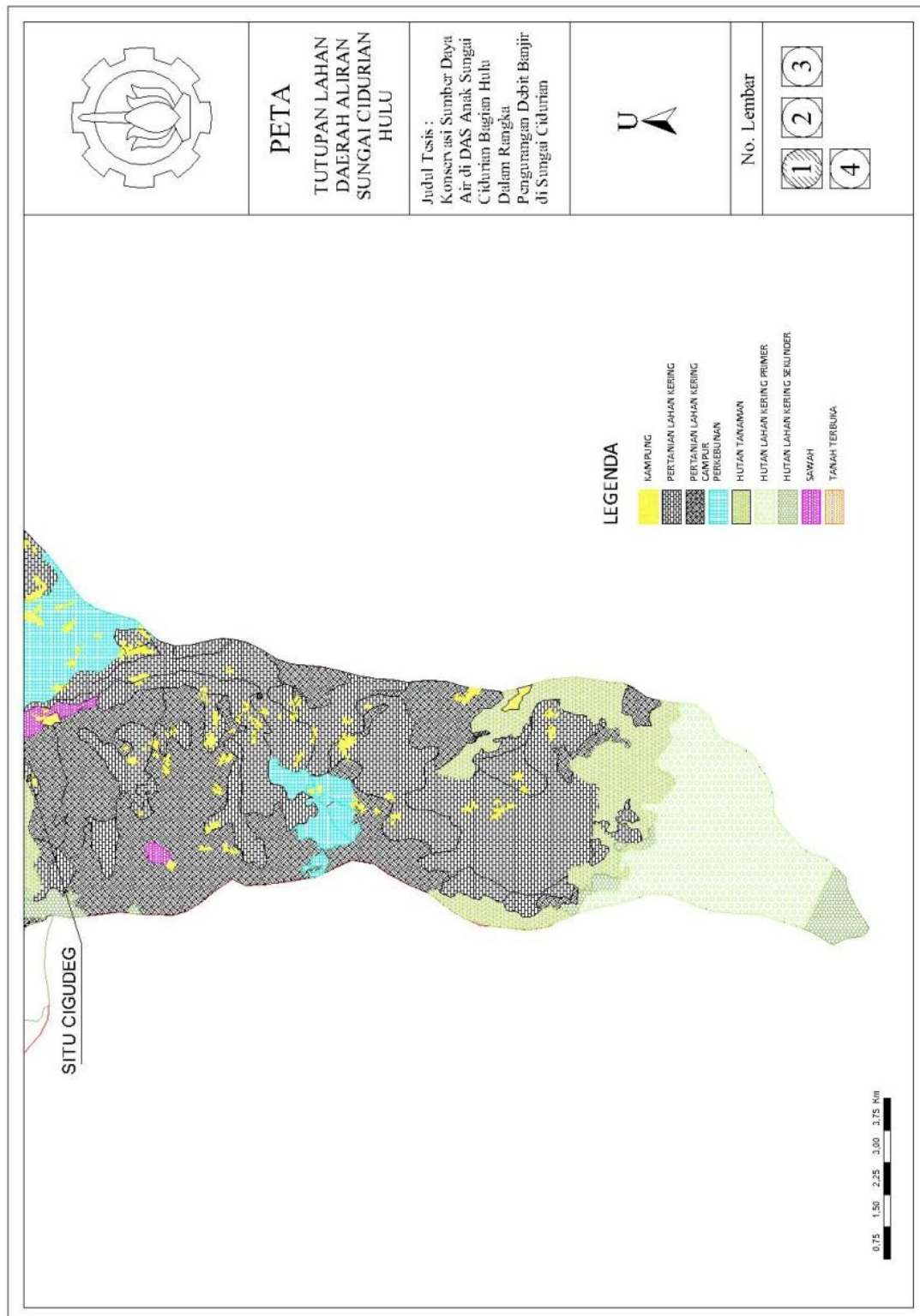


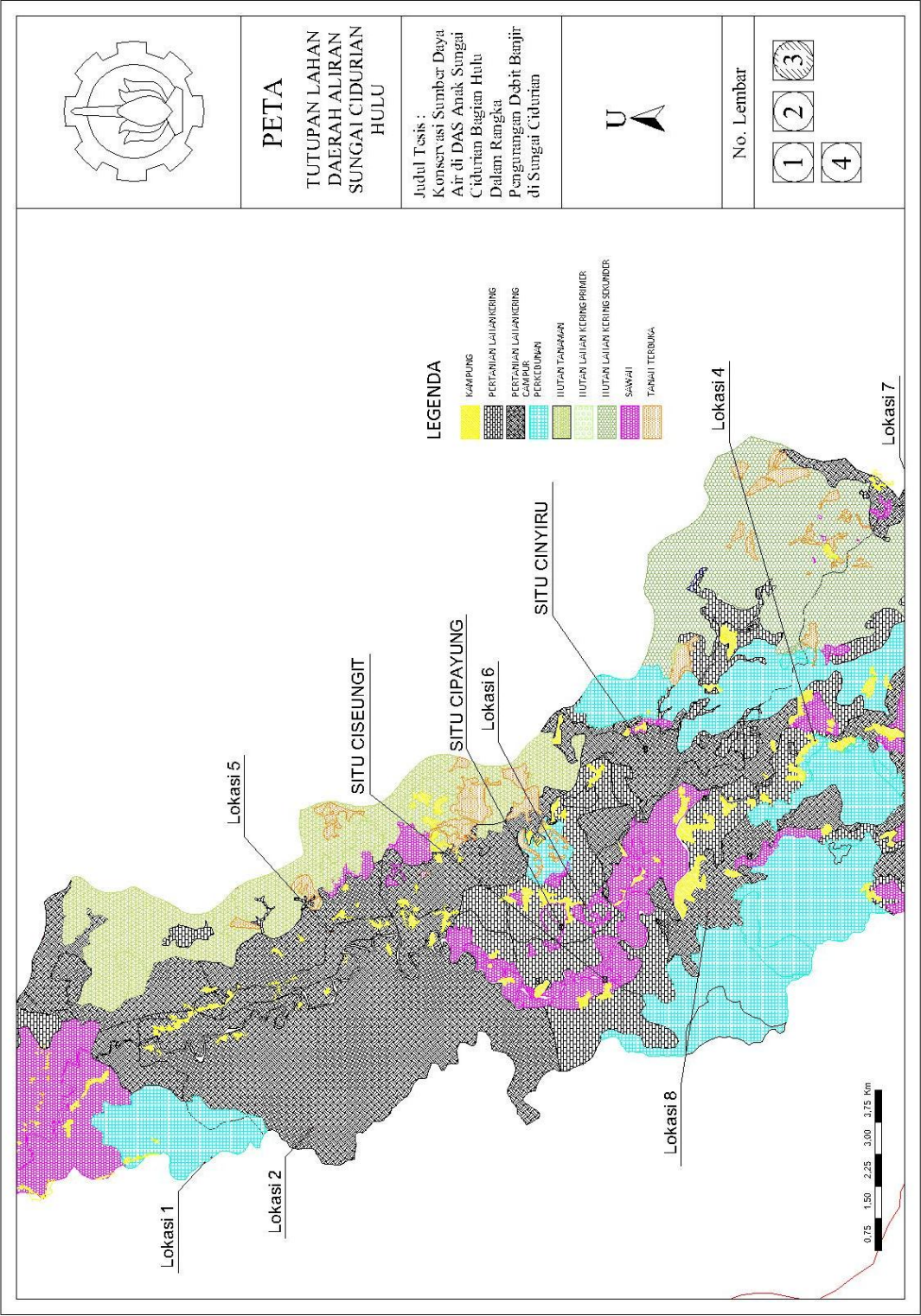
Lampiran Gambar – 3 Peta tutupan lahan DAS Cidurian tahun 2003 (BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian, 2015).

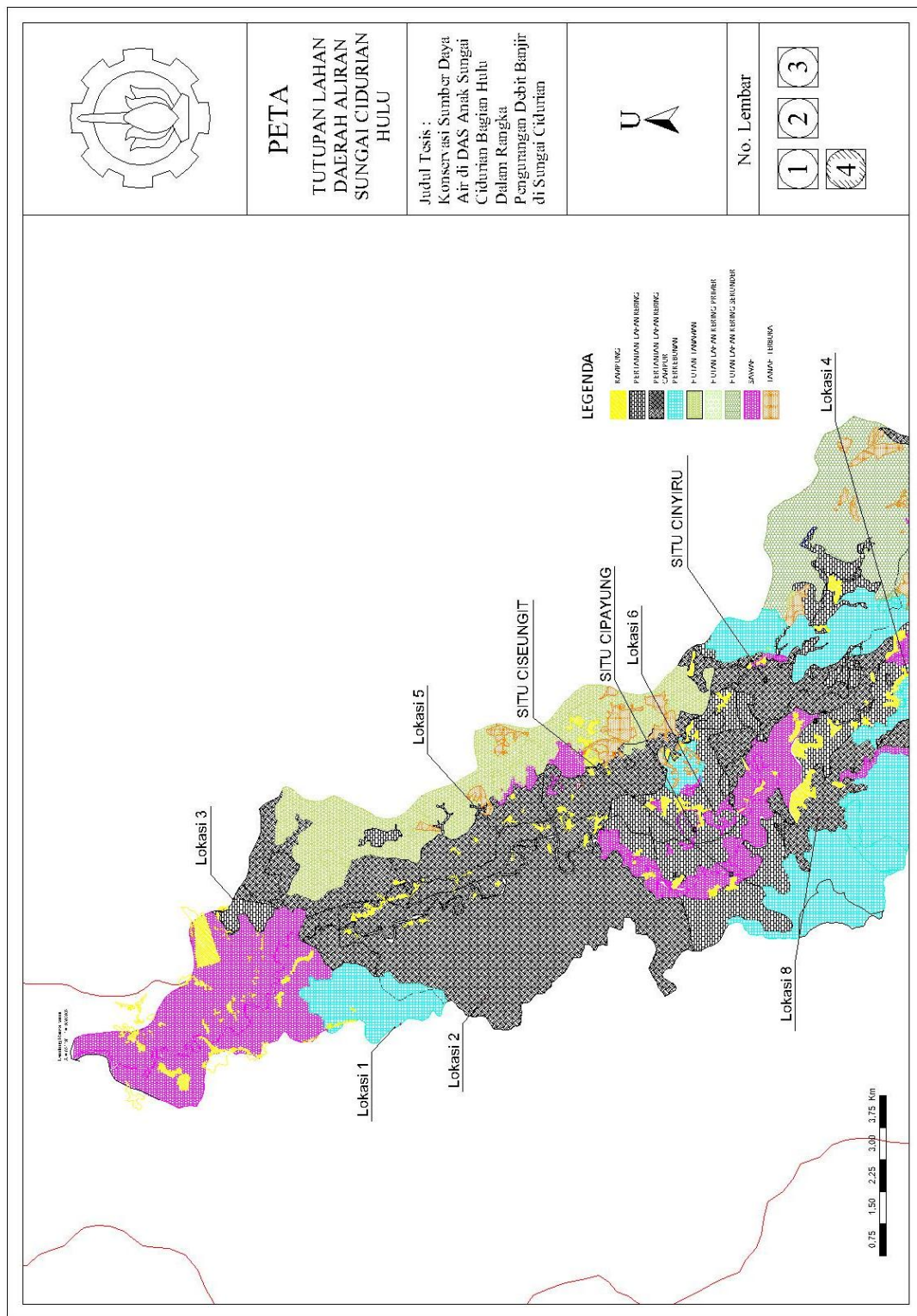


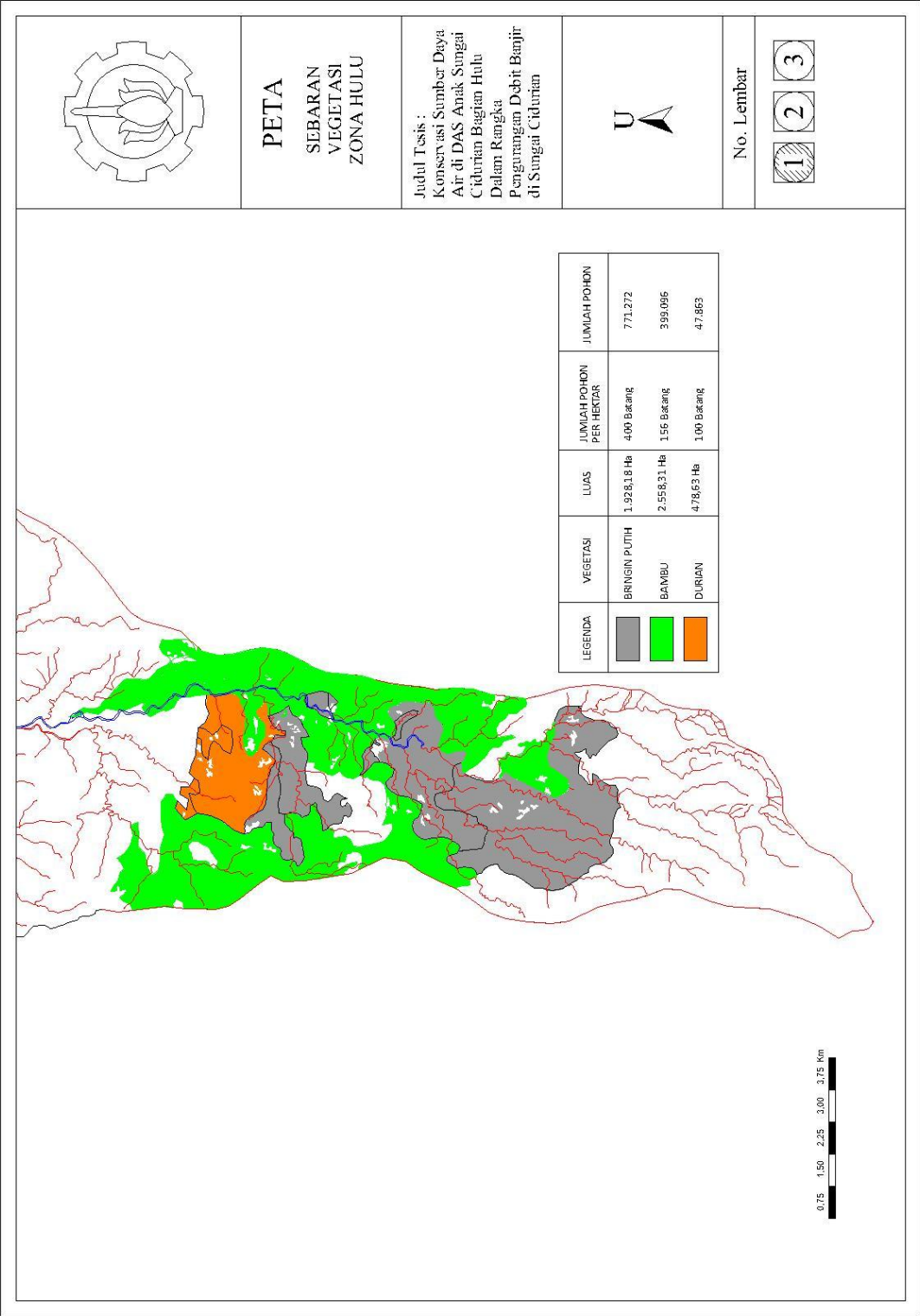
Lampiran Gambar – 4 Peta tutupan lahan DAS Cidurian tahun 2006 (BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian, 2015).

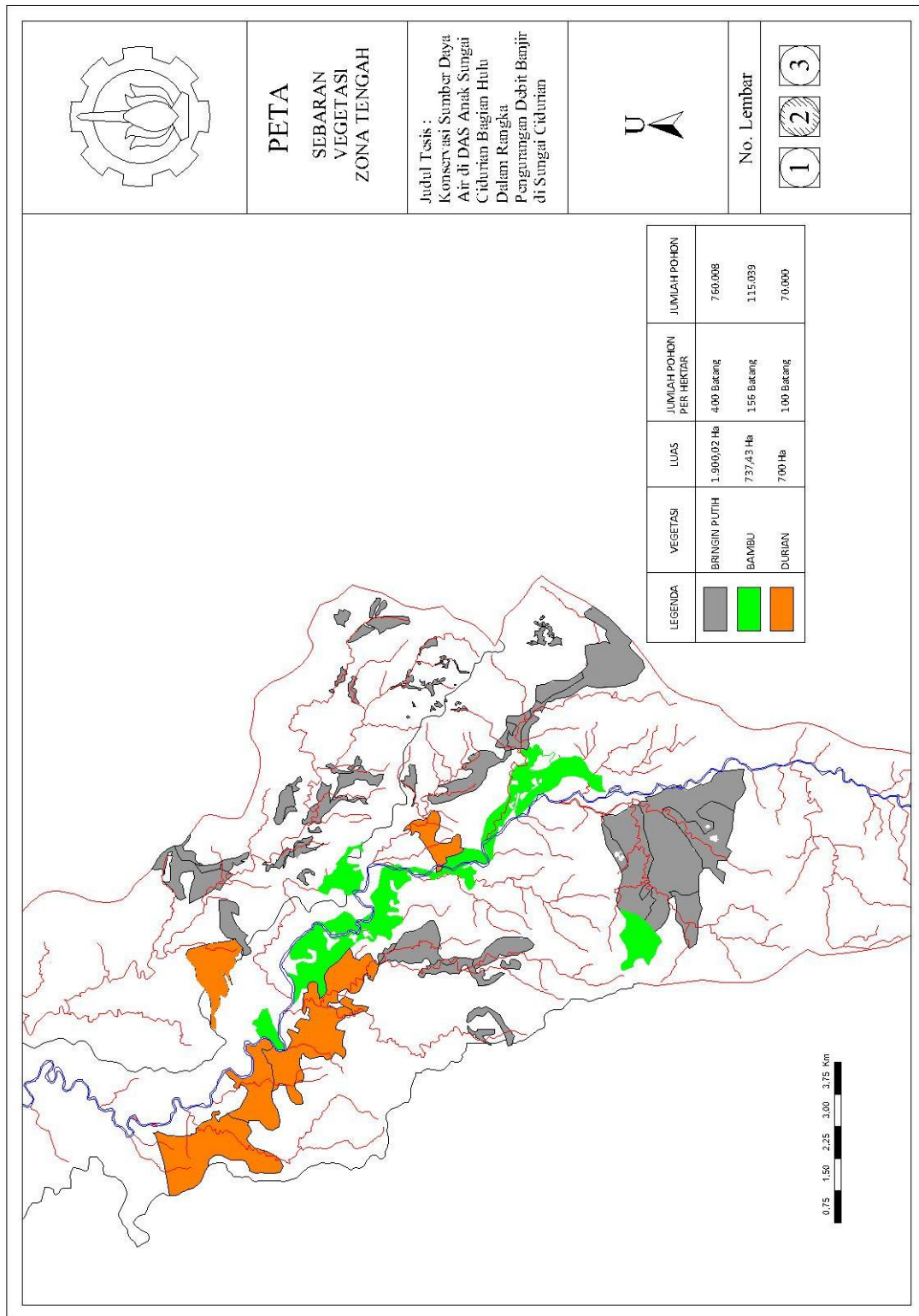


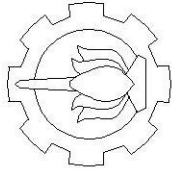










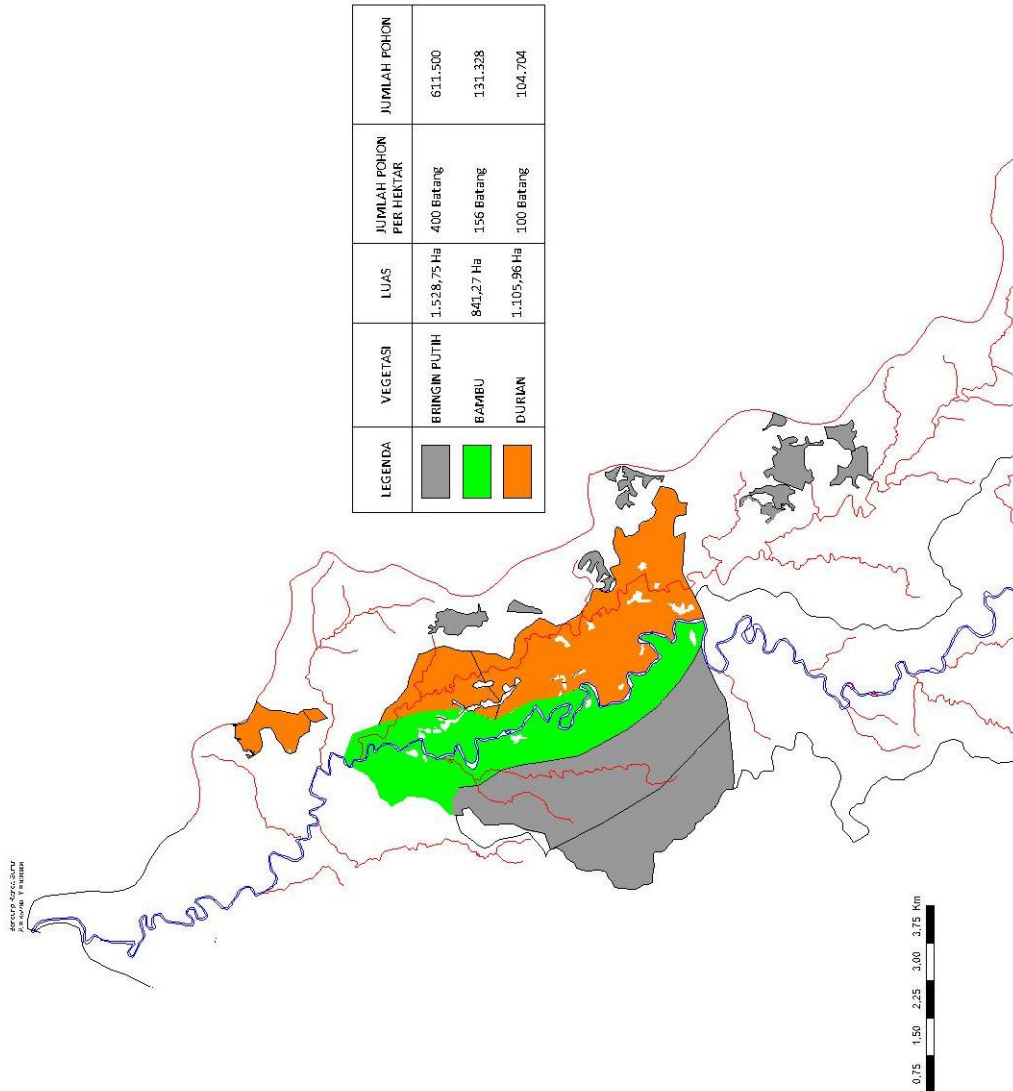
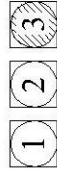


**PETA
SEBARAN
VEGETASI
ZONA HILIR**

Judul Tesis :
Konservasi Sumber Daya
Air di DAS Anak Sungai
Cidurian Bagian Hulu
Dalam Rangka
Pengurangan Debit Banjir
di Sungai Cidurian



No. Lembar



Lampiran Tabel 1 Debit Maksimum Sungai Cidurian di Bendung Rancasumur (m³/dt).

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
2000	55.90	108.16	29.77	30.14	90.53	58.93	32.54	12.82	41.41	32.09	133.68	14.12
2001	45.49	231.15	41.88	33.87	57.53	51.66	33.15	26.19	-	-	-	-
2002	74.24	151.47	47.52	68.33	53.40	56.39	86.25	18.67	13.40	32.24	57.93	110.52
2003	70.53	66.17	62.60	66.39	70.12	38.16	20.32	10.37	10.51	41.05	36.03	37.99
2004	46.98	158.68	41.00	116.32	146.52	44.78	20.31	8.53	40.83	36.62	30.97	53.69
2005	136.56	55.25	41.00	58.48	52.85	88.07	46.47	50.26	50.26	67.58	65.36	20.82
2006	236.92	85.58	38.02	64.58	24.72	19.44	12.57	7.00	6.59	11.86	95.05	49.15
2007	48.23	36.96	35.44	33.28	27.54	27.85	28.16	18.04	13.23	22.19	21.76	32.79
2008	49.11	37.14	32.62	42.08	32.95	22.05	22.62	28.16	33.94	22.33	30.04	23.34
2009	39.03	39.03	32.46	49.11	31.86	27.64	28.00	21.71	22.19	37.65	36.57	-
2010	236.45	271.63	244.18	142.15	213.35	187.71	231.95	259.41	432.83	212.04	190.22	174.09
2011	175.35	140.16	141.15	174.99	175.12	149.52	133.74	162.71	93.46	115.35	185.96	180.90
2012	955.84	255.24	211.00	379.40	276.75	245.72	180.27	156.29	168.89	354.62	348.00	324.16
2013	1,214.05	827.31	327.73	452.30	289.48	176.98	280.08	314.98	251.42	284.09	241.96	261.03
2014	507.17	387.82	337.07	303.84	307.99	257.81	245.09	374.84	184.13	199.94	304.53	248.25
2015	368.05	380.92	232.66	267.53	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Data dan informasi Hidrologi BBWS Cidanau – Ciujung - Cidurian



BERITA ACARA
SEMINAR KEMAJUAN TESIS
Semester Gasal 2016/ 2017

Pada

Hari, tanggal : Jumat, 09 Desember 2016
Jam : 08.00 - 09.30
Tempat : R. Sidang Pascasarjana

telah dilaksanakan Seminar Kemajuan Tesis :

Judul Tesis : Konservasi Sumber Daya Air Anak Sungai Cidurian Bagian Hulu Dalam Rangka Pengurangan Debit Banjir di Sungai Cidurian

Nama Mahasiswa : BAMBANG BODRO ISMOYO
NRP : 3314202810
Program Studi : S2 Teknik Lingkungan FTSP-ITS
Bidang Studi : Magister Teknik Sanitasi Lingkungan

Tanda Tangan : 

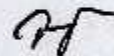
Berdasarkan hasil evaluasi penguji, dinyatakan bahwa mahasiswa tersebut :

- ① dapat mengikuti ujian Tesis
2. tidak dapat mengikuti ujian Tesis

Saran-saran perbaikan :

- 19/12*
- 1. Bobot kontribusi revisi lebih diperbesar dibanding membuat tambah
 - 2. Penting analisis cost benefit analisis untuk kelengkapan usulan program
 - 3. Jumlah revisi untuk revisi ditunjukkan dengan peta lokasi
 - 4. Tambah lampiran dan saran + koreksi yg sudah dibulan lalu/DP
 - Pemakaian titik/komponen pada angka
 - PAH → ganti dg sumber referensi
 - Posisi gambar/tabel di lampiran
 - Lain-lain lihat draft lama
 - Bab I jbr 2 dituliskan
 - Bab II penelitian yg terdapat & Bab III aspek lingkungan
 - analisis pembahasan perlu 3 aspek yg jelas
 - Daftar Pustaka & cek lagi
 - yg blm terulis dilihat pd buku
- 21/12/16*


Pembimbing,





Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D

Tim Penguji :

Nama (Tanda Tangan)

1. Prof. Dr. Ir. Nida Kurnaningrum, M.Sc. 

2. Dr. Ir. M. Ruziq, MM 

3. Dr. An Masduki, ST, MT 

*: Coret yang tidak perlu



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp: 031-5946006, Fax: 031-5928387

BERITA ACARA UJIAN/SIDANG TESIS

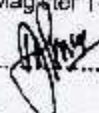
Pada

Hari, Tanggal : Senin, 09 Januari 2017
Jam : 10.00-12.00 WIB
Tempat : R. S3

telah dilaksanakan Ujian Tesis :

Judul : Konservasi Sumber Daya Air di-DAS Anak Sungai Cidurian
Bagian Hulu Dalam Rangka Pengurangan Debit Banjir di
Sungai Cidurian

Nama Mahasiswa : BAMBANG BODRO ISMOYO
Nrp. : 3314202810
Program Studi : S-2 Teknik Lingkungan ITS
Bidang Keahlian : Magister Teknik Sanitasi Lingkungan

Tanda Tangan : 

Dari hasil pengujian dinyatakan :

1. LULUS DENGAN PERBAIKAN MINOR *)
2. TIDAK LULUS

Saran-saran perbaikan:

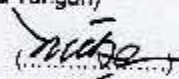
- Mk 12/01/2017*
P. R. R. 17/1
- Saran ? perlu ditinjau pd Buku thesis
 - Perbandingan alternatif ditinjau dengan perhitungan benefit
 - 25% biaya lain-lain ditinjau secara lebih detail dan lengkap
 - Gambar lampiran di link ke bab pembahasan dan ditinjau dengan pohon/na
 - Rangkai data jenis tanah permukaan dan tinggi muka air tanah setempat
 - Rangkai peta ditinjau dan buat untuk setiap peta
 - Koreksi perhitungan → lihat draft tesis
 - Koreksi pembahasan → lihat draft tesis
 - Data muka air tanah ditambahkan
- Defend 16/01/17*


Tim Penguji :

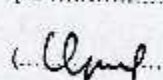
Nama


(Tanda Tangan)

Pembimbing,

1. Ir. E. Niska R. MSc. 

2. Dr. Ir. M. Puzi, M.M. 







3. Dr. A. Mardiyanto, S.T., Ph.D. 


Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.


Keterangan:

- *) Jangka waktu perbaikan tesis (lingkari salah satu) : 1 - 2 - 3 - 4 minggu.
Apabila waktu tersebut tidak dipenuhi, maka nilai ujian tesis dianggap batal dan mahasiswa yang bersangkutan diwajibkan mengulang ujian lisan.

NAMA : BAMBANG BODRO ISMAYO
 NRP : 3314 202 810
 JUDUL TESIS : KONSERVASI SUMBER DAYA AIR DI ANAK SUNGAI
 CIDURIAN BAGIAN HULU DALAM RANGKA PENGURANGAN
 DEBIT BANJIR DI SUNGAI CIDURIAN
 PEMBIMBING : Ir. MAS AGUS MARDYANTO, MR. Phd.

No	Tgl. Konsultasi	Kegiatan	Paraf
1	22 Agustus 2016	Hitung debit banjir & pengurangan debit banjir dengan konservasi metode vegetatif	
2	24 Oktober 2016	Hitung kebutuhan tampungan untuk mengurangi debit banjir	
3	03 November 2016	Hitung pengurangan debit Banjir dengan Pemanenan Air Hujan	
4	17 November 2016	Analisa ekonomi	
5	14 Desember 2016	Optimalkan metode vegetatif	
6	28 Desember	Aspek lingkungan	
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Surabaya, 17 November 2016
 Pembimbing,


 Ir. mas Agus Mardyanto, MR., Phd.
 Nip.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Bambang Bodro Ismoyo. Lahir di Surabaya tanggal 15 September 1984. Pendidikan formal mulai Sekolah Dasar hingga Sekolah Menengah Umum dilakukan di Surabaya. Pada tahun 2006 menyelesaikan pendidikan diploma 3 Teknik Sipil Bangunan Air FTSP-ITS. Pada tahun 2009 menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS. Penulis bekerja di Kementerian Pekerjaan Umum dengan Unit Kerja di Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian sejak tahun 2011 sampai dengan sekarang. Pada tahun 2015 penulis menjadi karyasiswa Program Pendidikan Kedinasan dan Vokasi Kementerian Pekerjaan Umum di Program Studi Magister Teknik Sanitasi Lingkungan dan lulus tahun 2017. Penulis dapat dihubungi lewat email: bbodroismoyo@yahoo.com